فصلنامه علمی-دانشجویی سای

انجمن علمی دانشجویی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)

شماره ۴۳/تابستان ۱۴۰۳

پرونده ویژه این شماره:

- گفت‌وگو با خانم دکتر ناهید عظیمی، عضو هیئت علمی و رئیس دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان(مدرسه تابستانه آموزش فیزیک)
- گزارش یازدهمین کنفرانس ملی مهندسی و فیزیک پلاسمای ایران در دانشگاه الزهرا
- معرفی گرایش ماده چگال
- مکسین‌ها از دنیای مواد دوبعدی
- بررسی نظریه تراوش با استفاده از الگوریتم مارکوف در انتقال جریان الکتریکی
- بررسی سیگنال‌های عصبی مرتبط با صرع
- کاوش در دنیای اتم‌های اگزاتیک: از تئوری تا عمل
- اخبار روز فیزیک
- گاه شمار کیهانی
- فراسوی آسمان
- داستان طنز

بسم الله الرحمن الرحیم

شناسنامه‌ی نشریه

فصلنامه‌ی علمی-دانشجویی سای-شماره‌ی ۴۳- تابستان ۱۴۰۳

صاحب امتیاز: انجمن علمی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)

مدیر مسئول: فاطمه سادات صوف‌باف

سردبیر: نرگس رستمی

استاد مشاور: جناب آقای دکتر حسین حکیمی پژوه

طراحی جلد و صفحه آرایی: روناک قزلوند

ویراستاران : نرگس رستمی، فاطمه سادات صوف‌باف، ثنا رسولی مقام

اعضای هیئت تحریریه: معصومه محمدی، صبا الهیاری، فاطمه صادقی، زینب واشقانی، فاطمه سادات صوف‌باف، آرپا کرمیان، پرستو سربازی، نرگس رستمی، زهرا رستمی‌اریمی، زهرا مختاری، سمانه میرزایی، پریسا سادات نورالهی، پریسا ساعتچی فرد.

نشانی: ایران، تهران، خیابان ده ونک، دانشگاه الزهرا (س)

کد پستی:۱۹۹۳۸۹۳۹۳۷

کلیه حقوق مطالب چاپ شده در این نشریه، متعلق به نویسنده اثر است.

راه‌های ارتباط با نشریه

فهرســــــــت

سرمقاله.....۱

اخبار روز فیزیک

خبر۱: شاهکاری دیگر از ناسا؛ از یک گربه‌ی خانگی تا یک ستاره‌ی علمی.....۲

خبر۲:جریان های اقیانوسی در مقیاس های طولی منطقه ای حل شدند.....۵

خبر۳: تکامل منظومه‌ی سیاره‌ای تراپیست۱.....۱۰

خبر۴: هم اکنون شما می توانید با چشم های خودتان و بدون هیچ ابزاری سیارک بنو را ببینید!.....۱۵

گاه شمار کیهانی.....۱۹

فراسوی آسمان(توضیح رویدادهای نجومی).....۲۱

مکسین‌ها از دنیای مواد دوبعدی.....۲۵

بررسی نظریه تراوش با استفاده از الگوریتم مارکوف در انتقال جریان الکتریکی.....۳۸

گفت‌وگو با خانم دکتر ناهید عظیمی، عضو هیئت علمی و رئیس دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان(مدرسه تابستانه آموزش فیزیک).....۴۰

بررسی سیگنال‌های عصبی مرتبط با صرع.....۴۶

فیزیک ماده چگال: پل میان علم و فناوری‌های نوین.....۵۲

یازدهمین کنفرانس ملی مهندسی و فیزیک پلاسمای ایران ۵۶

کاوش در دنیای اتم‌های اگزاتیک: از تئوری تا عمل.....۵۹

داستان: در باب مورد بی مهری قرارگرفتن انتگرال-طنز.....۶۵

پاسخ جدول (شماره ۴۲).....۶۷

فراخوان دعوت به همکاری.....۶۸

سرمقاله

سلامی به گرمی عشق پاییزی

عشق با پاییز معنا می‌شود و پاییز عاشقانه‌های طبیعت را در گوش شب زمزمه می‌کند.

امسال دفتر خاطرات پاییز پر است از عاشقانه‌هایی که بار غمش را جز خود پاییز نمی‌تواند به دوش بکشد و تنها او می‌تواند در گوش تاریخ حکایت کند و اشک بریزد.

آری، بار اولش نیست که شاهد داستان قهرمان‌ها و دیوهای وحشی این روزگار است؛ اما انگار این بار فرق دارد؛ لحظه به لحظه شنیدن صدای گریه کودکان و زنان و شهید شدنشان بدون هیچ گناهی، درد دارد؛ دیدن چهره مردان باغیرتی که از ناموس خود دفاع می‌کنند و جلوی چشمانشان پر پر شدن عزیزانشان را می‌بینند و شهید می‌شوند، درد دارد؛ حکایت داستان عاشقی و شهادت قهرمانان مقاومت، درد دارد و تنها پاییز می‌تواند بار این عشق و درد را تحمل کند.

ای مردان خدا، شهادتتان مبارکتان باشد، برای ما دعا کنید تا عاقبت بخیر شویم.

شماره‌ی ۴۳ نشریه سای که با همکاری اعضای عزیز و راهنمایی‌های ارزشمند اساتید مهربان و بزرگوارمان جناب آقای دکتر «محمد خرمی» و جناب آقای دکتر «حسین حکیمی پژوه»، تهیه شد را تقدیم نگاه‌های زیبایتان می‌کنیم؛ باشد که باعث رضایت شما خوانندگان گرامی قرار گیرد.

فرا رسیدن فصل پاییز را نیز به جویندگان علم و معرفت تبریک عرض می‌کنیم، امید است که نشریه سای شاهد موفقیت‌های روز افزون شما باشد.

به رسم همیشه این شماره را به امام زمان عجل الله تعالی فرجه الشریف تقدیم و برای ظهور ایشان دعا می‌کنیم.

فاطمه سادات صوف‌باف-مدیر مسئول نشریه سای

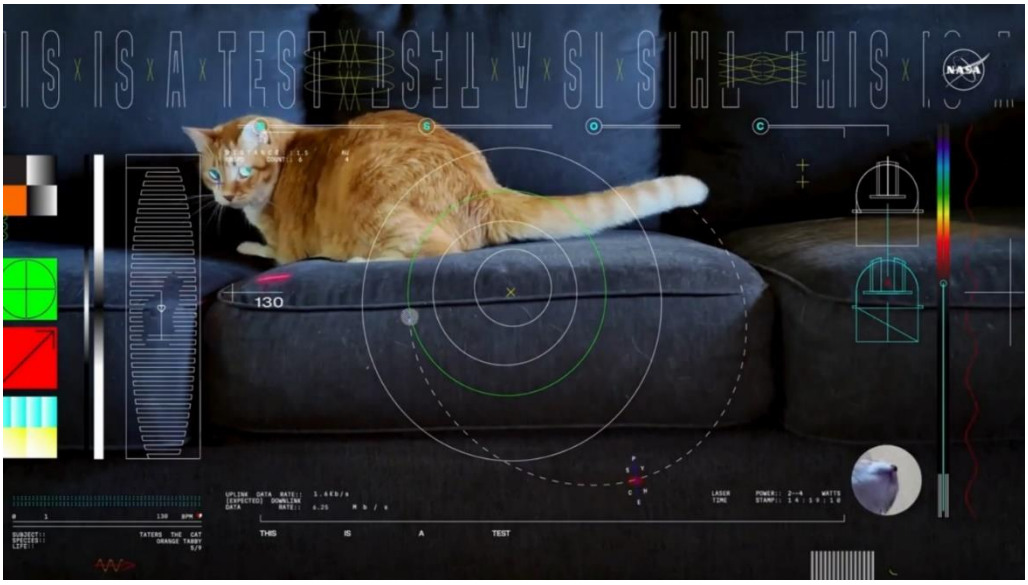
شاهکاری دیگر از ناســـــــــــا

از یک گربه ی خانگی تا یک ستاره ی علمی

آرپا کرمیان-کارشناسی فیزیک مهندسی-دانشگاه الزهرا(س) Arpa.karamian@gmail.com

ناسا بار دیگر نه تنها جامعه علمی بلکه عموم مردم را شگفت زده کرد. در ۱۱ دسامبر ۲۰۲۳ ویدیویی از یک گربه منتشر شد که به نظر یک ویدیوی معمولی از یک گربه بازیگوش بود، ولی در واقعیت یک دستاورد بزرگ بشر را نشان می‌داد. این ویدیوی ۱۵ ثانیه‌ای از گربه ای با نام تاترز[۱] از فضاپیمای سایکی[۲] نه به کمک موج رادیویی، که تا الان تنها ابزار ما برای مخابره بوده است، بلکه با استفاده از لیزر به زمین فرستاده شده است.

پام ملروی، معاون مدیر ناسا می‌گوید: «این یک دستاورد بزرگی در عرصه ارتباطات نوری است و یک عنصر کلیدی برای ماموریت های آینده‌ی ما.»



تصویری از صفحه کامپیوتر در منطقه پشتیبانی ماموریت که گربه تاترز را از اولین ویدیوی پخش با کیفیت بالا که از طریق لیزر از اعماق فضا ارسال شده، و جریان داده‌های دریافتی را نشان می‌دهد. [۲]

[۱] Taters
[۲] Psyche

ویدیوی تاترز یک ویدیوی رمزگزاری شده در محدوده طیفی فروسرخ نزدیک نور مرئی است که از فضاپیمای سایکی به «تلسکوپ هیل» در رصدخانه پالومار تحت نظر مؤسسه فناوری کلتک انتقال یافته است. این ویدئو روز ۱۱ دسامبر در رصدخانه بارگیری شد و هر فریم به صورت زنده در آزمایشگاه پیش‌رانش جت ناسا پخش شد.

این انتقال لیزری از فاصله‌ی ۳۱ میلیون کیلومتری زمین به ما رسیده است که تقریبا به اندازه ی ۸۰ برابر فاصله بین زمین و ماه است. ویدیو تاترز نتیجه‌ی آزمایش ارتباط نوری فضای عمیق[۳](DSOC) ناسا است. DSOC که روی فضاپیمای سایکی نصب شده است، شامل یک فرستنده و گیرنده قوی لیزری است که اولین تست موفق خود را از فاصله‌ی ۱۶ میلیون کیلومتری زمین در نوامبر امسال انجام داد و نام "اولین نور" را به خود اختصاص داد و تبدیل به اولین ارتباط نوری فرای سیستم زمین-ماه شد. این سیستم ارتباطی لیزری با هدف ارتقای انتقال داده با سرعت ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از سیستم انتقال رادیویی همراه با فضاپیمای سایکی توسط ناسا به فضا فرستاده شده است.

سرعت انتقال داده در این ماموریت ۲۶۷ مگابایت بر ثانیه است که در مقایسه با سرعت پهنای باند اینترنت آمریکا که ۲۱۶ مگابایت بر ثانیه است، خود عدد شوکه کننده‌ای است. این سرعت به محققان اجازه می‌دهد داده‌ها را تا حجم ۱/۳ ترابایت بارگیری کنند، که تقریبا معادل حجم کل داده‌هایی است که ناسا در طی کل ماموریت ماژلان خود (۱۹۹۰-۱۹۹۴) جمع آوری کرده است. رایان روگالین، محقق ارشد JPL،[۴] در این باره گفته‌است: «با این حال که این ویدیو از میلیون‌ها مایل دورتر از زمین به ما فرستاده شده است ولی باز سرعت آن از سرعت اتصالات اینترنتی روی زمین بیشتر است». در واقع زمانی که ویدیو به رصدخانه پالومار رسید به وسیله اینترنت زمینی به آزمایشگاه پیش رانش جت فرستاده شد که زمان ارسال آن از زمان رسیدن ویدیو از اعماق فضا بیشتر طول کشید.

[۳] Deep Space Optical Communications

[۴] Jet Propulsion Laboratory

برداشت هنرمندانه از آزمایش سایکی در ارتباط با تلسکوپ‌های روی زمین. [۲]

اگر ویدیو را تماشا کنید خواهید دید که گرافیک‌هایی روی ویدیو گذاشته شده است. این خطوط و ارقام نشان دهنده‌ی مسیر مداری سایکی، ساختار گنبدی رصدخانه پالومار و رنگ، نژاد و ضربان قلب تاترز است.سیارک سایکی-۱۶ سیارکی با ساختار فلزی است که در کمربند سیارکی بین سیاره های مریخ و مشتری به دور خورشید در حال چرخش است و توجه دانشمندان را به خود جلب کرده است. فضاپیمای سایکی با ماموریت کاوش این سیارک در اکتبر امسال به فضا فرستاده شد. درحال حاضر این فضاپیما به سمت مریخ به حرکت خود ادامه می‌دهد تا در سال ۲۰۲۶ به سیاره سرخ برسد و اطلاعات با ارزشی برای قدم بعدی انسان، سفر به مریخ، از این سیاره برای زمین بفرستد و بعد از آن به راه خود به سمت هدف اصلی‌اش ادامه خواهد داد. پیشبینی می‌شود سال ۲۰۲۹ به سیارکی که نامش را از آن گرفته است برسد.

منـــابع

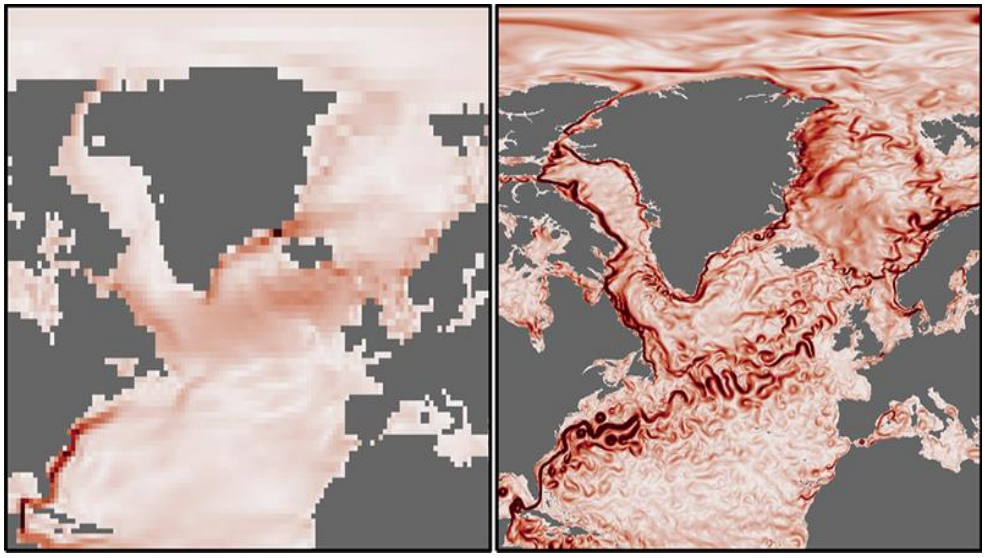
۱. https://www.nasa.gov/directorates/stmd/tech-demo-missions-program/deep-space-optical-communications-dsoc/nasas-tech-demo-streams-first-video-from-deep-space-via-laser/
2. https://www.space.com/nasa-laser-taters-cat-video-۱۹-million-miles-away

جریان‌های اقیانوسی

در مقیاس‌های طول منطقه‌ای حل شدندجریان‌های اقیانوسی در مقیاس‌های طول منطقه‌ای حل شدند!

معصومه محمدی-دانشجوی کارشناسی فیزیک-دانشگاه الزهرا(س)
m.mohammadi@student.alzahra.ac.ir

محققان با استفاده از یک شبیه‌سازی دقیق نشان دادند که تغییرات آب و هوایی چگونه می‌تواند بر دینامیک منطقه‌ایِ گردشِ نوارِ نقاله مانندِ آب در اقیانوس اطلس تأثیر بگذارد.



شکل۱: تصاویر لحظه‌ای از سرعت جریان آب در اقیانوس اطلس از کارائیب تا قطب شمال که با شبیه‌سازی‌های کم-تفکیک (سمت چپ) و پر-تفکیک (سمت راست) پیش‌بینی شده است.[۵]

اقیانوس یک بدنه‌ی آبی ساکن نیست؛ تمام اقیانوس‌های جهان به وسیله‌ی جریانی عظیم از آب به یکدیگر متصل هستند که به آن «نوار نقاله‌ی اقیانوسی جهانی»[۵] گفته می‌شود. دما و شوری آب، هر دو نقش مهمی در چگالی آن دارند و در نتیجه در ایجاد جریان‌ها و گردش آب در اقیانوس‌ها تأثیرگذارند. این نوع گردش که ناشی از این دو عامل است، به نام «گردش دماشوری» یا «گردش ترموهالین»[۶] شناخته می‌شود. نوار نقاله‌ی اقیانوسی جهانی، ترکیبی از گردش دماشوری در اعماق اقیانوس و جریان‌های ناشی از باد[۷] در سطح آن است. آب سرد و شور، متراکم‌تر بوده و به عمق اقیانوس فرو می‌رود، در حالی که آب گرم، به دلیل چگالی کمتر، روی سطح باقی می‌ماند.نوار نقاله‌ی اقیانوسی از دریای نروژ در اقیانوس اطلس شمالی آغاز می‌شود؛ جایی که آب گرم جریان گلف استریم[۸] (جریان خلیج) به جو عرض‌های شمالی گرما

[۵] Global Ocean Conveyor Belt

[۶] Thermohaline circulation

[۷] Wind-driven currents

[۸] Gulf Stream: گلف استریم، رودخانهٔ عظیم و مرموزی است که در اقیانوس اطلس جاری است و یکی از عظیم‌ترین و نیرومندترین جریان‌های آب دنیا محسوب می‌شود. گلف استریم بر اقلیم مناطق ساحلی ایالات متحده از فلوریدا تا جنوب شرق ویرجینیا (نزدیک به عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی) و شمال غرب اروپا تأثیر می‌گذارد.

می‌بخشد. جریان قوی گلف استریم، آب گرم و شور را از خلیج مکزیک به سمت شمال شرقی اقیانوس اطلس منتقل می‌کند. این آب وقتی به اقیانوس اطلس شمالی می‌رسد، به دلیل از دست دادن گرما سرد می‌شود، چگالی آن افزایش می‌یابد و به اعماق فرو می‌رود. سپس، این جریان آب سرد به سمت جنوب غربی حرکت می‌کند تا جا برای آب گرم ورودی باز شود. این آب سرد در اعماق اقیانوس از جنوب خط استوا تا اقیانوس منجمد جنوبی جریان می‌یابد. [1,2] این جریان‌های شمالی و جنوبی، به همراه سایر جریان‌ها، سیستم گردش واژگونی نصف‌النهاری اطلس (AMOC)[9] را شکل می‌دهند. بدون وجود AMOC، یخ در فصل زمستان بنادر شمال اروپا را مسدود می‌کرد. بنابراین، زمانی که دانشمندان اقلیمی در سال ۱۹۹۵ پیش‌بینی کردند که تغییرات آب و هوایی می‌تواند تا سال ۲۲۰۰ این سیستم را به طور کامل متوقف کند، زنگ خطری جدی به صدا درآمد.اکنون گریت لومان از مؤسسه آلفرد وگنر آلمان و همکارانش جزئیات جدیدی را درباره چگونگی احتمال وقوع این توقف ارائه کرده‌اند. شبیه‌سازی‌های پر-تفکیک آن‌ها نشان می‌دهد که در مقیاس جهانی، AMOC به تدریج کند می‌شود، اما در مقیاس منطقه‌ای، بخش‌هایی از این سیستم ممکن است به طور ناگهانی فروبپاشد یا به شکلی غیرمنتظره تقویت شود. لومان می‌گوید: «یافته‌های ما بر ضرورت فوری گنجاندن دینامیک منطقه‌ای در پیش‌بینی‌های AMOC تأکید می‌کند، زیرا این تغییرات موضعی می‌توانند تأثیرات عمیقی بر اقلیم و اکوسیستم‌های دریایی داشته باشند.» با افزایش دمای جهانی، اقیانوس‌ها گرم‌تر می‌شوند، یخ دریاها ذوب می‌شوند و میزان بارش‌ها افزایش می‌یابد. مدل اقلیمی سال ۱۹۹۵ پیش‌بینی کرده بود که این تغییرات باعث کاهش شوری و چگالی آب در اقیانوس اطلس شمالی می‌شود؛ و با گرم شدن آب و ورود آب شیرین اضافی ناشی از ذوب یخ‌ها، آب دیگر هنگام سرد شدن به اعماق فرو نمی‌رود. در نتیجه، جریان آب به سمت جنوب متوقف می‌شود و این امر بر قدرت AMOC تأثیر می‌گذارد.

دینامیک AMOC معمولاً با استفاده از مدل‌های اقیانوس - جو [10] شبیه‌سازی می‌شود که باید به ماهیت متلاطم توده‌های بزرگ آب را هم در نظر بگیرند. این تلاطم، که در مقیاس ده‌ها کیلومتر رخ می‌دهد، بر فرو رفتن آب جریان گلف استریم در اقیانوس اطلس شمالی تأثیر می‌گذارد. با این حال، محققان معمولاً برای اینکه این مدل‌ها از نظر محاسباتی قابل اجرا باشند، تفکیک مکانی آن‌ها را به حدود ۱۰۰ کیلومتر محدود می‌کنند.

[9] Atlantic Meridional Overturning Circulation

[10] ocean–atmosphere models

بنابراین، گرداب‌ها تنها به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیرات پیش‌بینی‌شده‌ای که بر دما، چگالی و سایر ویژگی‌های اقیانوس و هوا دارند، در نظر گرفته می‌شوند. این پارامتر کردن، ممکن است برخی تأثیرات فیزیکی مهم را نادیده بگیرد.

برای نشان دادن تأثیرات فرآیندهای ریز مقیاس، لومان و همکارانش از یک مدل اقلیمی پر-تفکیک به نام مدل سیستم جامعه‌ی زمین (CESM)[۱۱] استفاده کردند که به‌تازگی ساخته شده است. این مدل دارای تفکیک مکانی ۲۵ کیلومتر در جو و ۱۰ کیلومتر در اقیانوس‌هاست. این سطح از تفکیک به محققان اجازه می‌دهد تا فرآیندهایی را که پیش از این بررسی نشده بودند، به‌صورت مستقیم شبیه‌سازی کنند.لومان و همکارانش دو شبیه‌سازی را مورد بررسی قرار دادند: یکی با HR[۱۲] (پر-تفکیک) که بیشترین تفکیک مدل CESM را بکار می‌بَرد، و دیگری LR[۱۳] (کم-تفکیک) که تفکیک آن در اقیانوس‌ها ده بار بدتر است. هر دو شبیه‌سازی دوره زمانی مشابهی از ۱۹۵۰ تا ۲۱۰۰ را پوشش می‌دادند و سطوح یکسانی از دی‌اکسید کربن منتشرشده توسط انسان را در نظر گرفته بودند.

دوره زمانی این شبیه‌سازی‌ها شامل چندین برنامه اندازه‌گیری گذشته و حال از قدرت AMOC بود. این برنامه‌ها شامل مشاهدات مستقیم، اندازه‌گیری دمای سطح دریا و دیگر شاخص‌هایی بودند که برای تخمین قدرت AMOC استفاده می‌شدند. نتایج این برنامه‌ها نشان می‌داد که AMOC از قرن نوزدهم به تدریج شروع به تضعیف کرده و سپس در اواسط قرن بیستم این روند با سرعت بیشتری ادامه یافته است. نتایج شبیه‌سازی‌های HR و LR لومان و همکارانش با این یافته‌ها مطابقت دارد و کاهش مداوم قدرت AMOC را از سال ۱۹۵۰ پیش‌بینی می‌کند.

با این حال، شبیه‌سازی HR در مقیاس‌های منطقه‌ای تفاوت‌هایی را نشان داد که شبیه‌سازی LR قادر به شبیه‌سازی آن‌ها نبود. به‌عنوان مثال، شبیه‌سازی HR پیش‌بینی کرد در قرن بیست و یکم AMOC در منطقه‌ای که آب آن از خطی بین نوک جنوبی گرینلند و ناوه‌ی[۱۴] راکول در ساحل جزایر هِبرید اسکاتلند عبور می‌کند، تضعیف خواهد شد. اما در نواحی بالاتر، در امتداد خطی که از شمال گرینلند تا شمال اسکاتلند و از طریق ایسلند می‌گذرد، AMOC قوی‌تر می‌شود. این تغییرات منطقه‌ای در شبیه‌سازی LR مشاهده نشد.این دو شبیه‌سازی همچنین در پیش‌بینی‌های خود

---

[۱۱] Community Earth System Model

[۱۲] High Resolution

[۱۳] Low Resolution

[۱۴] Trough : ناوه در زمین‌شناسی به فرورفتگی یا چاله ساختاری خطی گفته می‌شود که در فاصله‌ای طولانی گسترده شده و از درازگودال کم‌شیب‌تر است.

درباره زمان‌بندی پایین رفتن همرفتی آب چگال در سواحل شرقی گرینلند با یکدیگر تفاوت داشتند. این فرایند در شبیه‌سازی LRطی شبیه‌سازی به‌تدریج کاهش یافت، اما در شبیه‌سازی HR، پس از سال ۲۰۰۰ به‌طور ناگهانی متوقف شد. لومان می‌گوید: «این تغییرات منطقه‌ای با مشاهدات پراکنده مطابقت دارد».از سال ۲۰۰۴، یک کابل زیردریایی و مجموعه‌ای از حسگرهای ثابت، قدرت AMOC را در امتداد مدار ۲۶ درجه شمالی بین تنگه‌های فلوریدا و ساحل صحرای غربی را رصد کرده‌اند. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهند که AMOC بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۲ تضعیف شد و بعد از آن شروع کرد تقویت شود. لومان معتقد است که تفاوت‌های منطقه‌ای که در شبیه‌سازی HR کشف شده‌اند، تردیدهایی را درباره نتایجی که تنها از یک دسته اندازه‌گیری محلی درباره رفتار AMOC به دست می‌آید، ایجاد می‌کند.رنه فان وستن[۱۵]، اقیانوس‌شناسی که در دانشگاه اوترخت هلند فعالیت می‌کند و به ارزیابی علائم هشداردهنده احتمالی کاهش AMOC می‌پردازد، می‌گوید: «یافته‌های لومان جالب توجه است.» او اشاره می‌کند که نتایج نشان می‌دهد گرداب‌های اقیانوسی «نقش مهمی» در رویدادهای سرنوشت ساز منطقه‌ای ایفا می‌کنند که ممکن است پیش‌درآمدهای بالقوه‌ای برای فروپاشی کامل AMOC باشند.

[1] https://physics.aps.org/articles/v17/115

[2] https://oceanservice.noaa.gov/facts/conveyor.html

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Thermohaline_circulation

[4] R. Gou et al., “Atlantic meridional overturning circulation decline: Tipping small scales under global warming,” Phys. Rev. Lett. ۱۳۳, ۰۳۴۲۰۱ (۲۰۲٤).

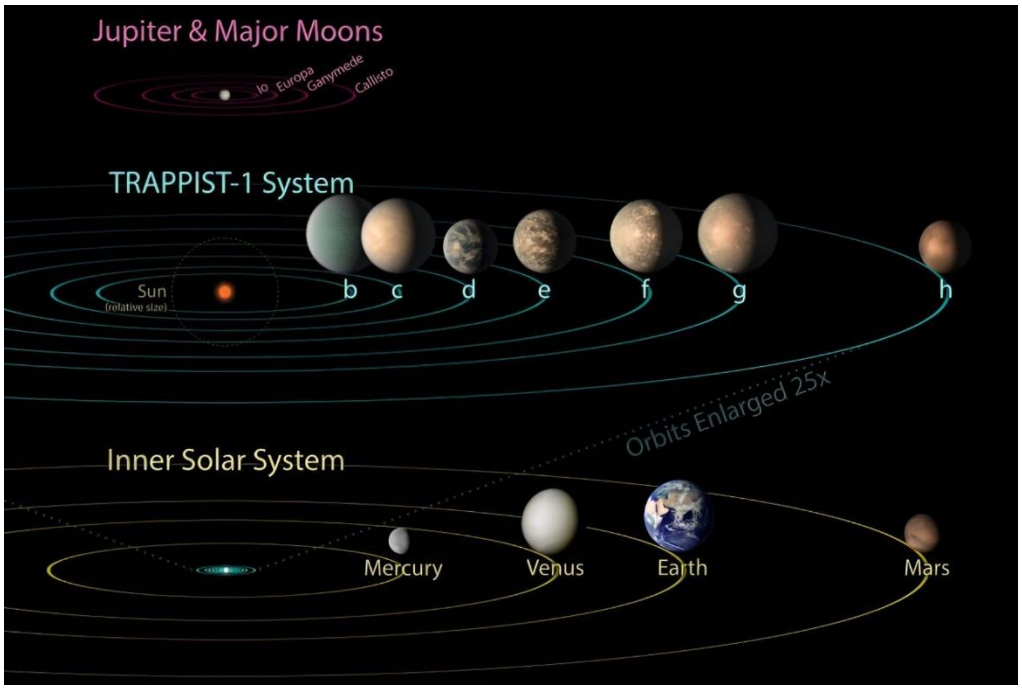
[۵] اعتبار تصویر: گریت لومان / مؤسسة آلفرد وگنر

[۱۵] René van Westen

تکامل منظومه سیاره‌ای

TRAPPIST-1

صبا الهیاری-دانشجوی کارشناسی فیزیک -دانشگاه الزهرا(س)
sabaally03@gmail.com



شکل۱: هر هفت سیاره کشف شده در مدار ستاره‌ی کوتوله‌ی قرمز تراپیست-۱ به راحتی در مدار عطارد، درونی‌ترین سیاره در منظومه‌ی شمسی ما، جای می‌گیرند. تراپیست-۱ به‌طور قابل توجهی بزرگ‌تر از مشتری نیست و به همین دلیل، کسری از اندازه‌ی خورشید ما را دارد. نسبت‌های منظومه‌ی تراپیست-۱ بیشتر شبیه به نسبت‌های مشتری و قمرهای آن است. [۹]

سیارات اجرامی هستند که به دور یک ستاره می چرخند و دارای جرم گرانشی[۱۵] کافی‌اند تا به اشکال تقریباً کروی درآیند و نیروی گرانشی[۱۶] خود را بر اجرام کوچکتر اطرافشان مانند سیارک‌ها و قمرها اعمال کنند.

در بیشتر تاریخ بشر، سیاراتی که اجداد ما قادر به شناسایی آن‌ها بودند، تنها سیاراتی بودند که در آسمان شب مشاهده می‌شدند. اما در ۳۰ سال گذشته، تلسکوپ‌هایی با حساسیت زیاد ساخته شده‌اند که قادرند حضور سیارات فراخورشیدی[۱۷] را در خارج از منظومه‌ی شمسی تشخیص دهند.

البته رصد مستقیم سیارات فراخورشیدی بسیار دشوارتر از رصد ستاره‌ها و کهکشان‌ها است. تقریباً تمام اکتشافات سیارات فراخورشیدی، به‌ویژه از حدود سال ۲۰۱۰ به بعد، بر اساس اندازه‌گیری‌های فتومتریکِ (میزان نور دریافتی از) ستاره‌های میزبان این سیارات انجام شده است، نه بر اساس خودِ سیارات. به این روش، روش گذر می‌گویند.

[۱۵] میزان جرم یک شیء که میزان نیروی گرانشی آن را تعیین می‌کند.
[۱۶] نیروی جاذبه بین اشیاء دارای جرم، همانطور که در قانون گرانش نیوتن توصیف شده است.
[۱۷] سیاراتی که به دور ستاره‌های دیگر به جز خورشید می‌چرخند.

اکنون، با کمک تلسکوپ فضایی اسپیتزر[۱۸] که در سال ۲۰۰۵ اولین کشف سیاره فراخورشیدی خود را انجام داد؛ تلسکوپ فضایی کپلر[۱۹] که به طور خاص برای جستجوی سیارات فراخورشیدی طراحی شده است، و تلسکوپ فضایی جیمز وب[۲۰] که در سال ۲۰۲۱ پرتاب شد، با روش گذر و روش‌های دیگر توانسته‌اند وجود بیش از ۵۰۰۰ سیاره‌ی فراخورشیدی را در هزاران منظومه‌ی ستاره‌ای[۲۱] تأیید کنند.

گابریله پیچیرّی[۲۲]، محقق پسادکتری در علوم سیاره ای در موسسه فناوری کالیفرنیا[۲۳] که در گروه استاد علوم سیاره‌ای کنستانتین باتیگین[۲۴] کار می‌کند، می‌گوید: «وقتی تنها منظومه شمسی خودمان را برای تحلیل داشتیم، می‌توانستیم فرض کنیم که سیارات در همان جایی که امروزه آن‌ها را می‌یابیم، شکل گرفته‌اند. اما زمانی که اولین سیاره‌ی فراخورشیدی را در سال ۱۹۹۵ کشف کردیم، مجبور شدیم در این فرض تجدید نظر کنیم. ما داریم مدل‌های بهتری برای چگونگی شکل‌گیری سیارات و نحوه‌ی قرارگیری آن‌ها در موقعیت‌های فعلی‌شان می‌سازیم.»

بیشتر سیارات فراخورشیدی از قرص گاز و غبار اطراف ستارگان تازه متولد شده تشکیل می‌شوند و به‌طور طبیعی انتظار می‌رود سپس به سمت مرز داخلی این قرص مهاجرت کنند. این امر موجب می‌شود که این سیستم‌های سیاره‌ای به‌طور کلی نسبت به منظومه شمسی ما، بسیار نزدیک‌تر به ستاره‌های میزبان خود قرار گیرند. در غیاب عوامل دیگر، سیارات بر اساس جرم و نیروهای گرانشی بین سیارات و ستاره‌ی میزبان خود، در فواصل مشخصی از یکدیگر قرار می‌گیرند. پیچیری در این باره توضیح می‌دهد: «این، فرایندِ مهاجرت استاندارد[۲۵] است.»

«موقعیت سیارات می‌تواند بین دوره‌های مداری[۲۶] آن‌ها تشدید[۲۷] ایجاد کند. اگر دوره‌ی مداری یک سیاره را بر تناوب مداری سیاره‌ی همسایه‌اش تقسیم کنید، نسبتی از اعداد صحیح ساده مانند ۳:۲ به‌دست می‌آید. برای مثال، اگر یک سیاره دو روز

---

[۱۸] Spitzer Space Telescope

[۱۹] Kepler/KW Space Telescope

[۲۰] James Webb Space Telescope

[۲۱] star systems

[۲۲] Gabriele Pichierri

[۲۳] Caltech

[۲۴] Konstantin Batygin

[۲۵] standard migration process

[۲۶] Orbital period : دوره‌ی مداری زمان مورد نیازی است تا جسمی چرخش به دور جسم دیگری را در مداری کامل کند.

[۲۷] پیکربندی‌های مداری خاص که در آن دوره‌های مداری سیارات با نسبت اعداد صحیح کوچک مرتبط هستند.

طول بکشد تا به دور ستاره‌ی خود بچرخد، سیاره بعدی که دورتر است، ممکن است سه روز طول بکشد. اگر سیاره‌ی دوم و سیاره‌ی سوم دورتر نیز در تشدید ۳:۲ باشند، دوره‌ی مداری سیاره سوم ۴/۵ روز خواهد بود.»

منظومه تراپیست-۱ که میزبان هفت سیاره است و در فاصله ۴۰ سال نوری از زمین قرار دارد، به دلایل متعدد سیستمی خاص است. پیچیری می‌گوید: «سیارات بیرونی، با تشدیدهای ساده‌تری رفتار می‌کنند، اما آن‌هایی که به ستاره نزدیکتر هستند، تشدیدهای پیچیده‌تری دارند.»

برای مثال، نسبت بین مدارهای سیاره ب و ج ۸:۵ و نسبت بین ج و د ۵:۳ است. پیچیری توضیح می‌دهد: «این اختلاف اندک در تشدیدها، مجموعه تراپیست-۱ را پیچیده و گیج‌کننده می‌سازد و فرصت شگفت‌انگیزی را برای کشف جزئیات بیشتر در مورد فرآیندهای دیگری که در تشکیل آن نقش داشته‌اند، فراهم می‌کند. به‌علاوه، تصور می‌شود که بیشتر منظومه‌های سیاره‌ای در این حالت‌های تشدید شروع شده‌اند، اما قبل از اینکه ما امروز آن‌ها را مشاهده کنیم، با ناپایداری‌های قابل توجهی در طول عمر خود مواجه شده‌اند. بسیاری از سیارات ناپایدار می‌شوند یا با یکدیگر برخورد می‌کنند و در نتیجه، سیستم به هم می‌ریزد. به عنوان مثال، منظومه شمسی خودمان نیز تحت تأثیر چنین ناپایداری‌هایی قرار گرفت. اما ما چند منظومه را می‌شناسیم که پایدار مانده‌اند و نمونه‌های کم و بیش بکری هستند که تاریخچه دینامیکی کامل خود را به نمایش می‌گذارند. ما سعی می‌کنیم این تاریخچه را بازسازی کنیم. تراپیست-۱ یکی از این منظومه‌ها است.»

چالش اصلی ایجاد مدلی بود که بتواند مدار سیارات تراپیست-۱ و چگونگی رسیدن آن‌ها به پیکربندی فعلی خود را توضیح دهد. مدل به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که چهار سیاره درونی در ابتدا به تنهایی در زنجیره‌ی تشدید مورد انتظار ۳:۲ تکامل یافته‌اند. تنها زمانی که مرز درونی قرص به سمت بیرون گسترش یافت بود که مدارهای آن‌ها از تشدیدهای ۳:۲ به چیزی که امروز می‌بینیم تبدیل شد. سیاره چهارم، که در ابتدا در مرز داخلی قرص قرار داشت و همراه با آن به سمت بیرون حرکت می‌کرد، بعداً زمانی که سه سیاره‌ی خارجی اضافی به منظومه سیاره‌ای پیوستند، به سمت داخل رانده شد.

TRAPPIST-۱به دلیل زنجیره‌ی طولانی سیاره‌ای خود، نمونه‌ی عالی برای آزمایش نظریه‌های جایگزین در مورد تشکیل سیستم‌های سیاره‌ای است. مقاله حاوی این تحقیق با عنوان «تشکیل سیستم تراپیست-۱ در دو مرحله در طول رکود لبه‌ی داخلی قرص» در مجله Nature Astronomy منتشر شده است.

منـــــابع

۱. The nature of the TRAPPIST-۱ exoplanets
۲. Formation of TRAPPIST-۱ and other compact systems
۳. https://popups.uliege.be/۰۰۳۷-۹۵۶۵/index.php?id=۱۰۲۷۷
۴. https://en.wikipedia.org/wiki/TRAPPIST-۱
۵. https://science.nasa.gov/exoplanet-catalog/trappist-۱-e/
۶. https://arxiv.org/html/۲۴۰۶.۰۲۴۶۶v۱
۷. https://www.earth.com/news/detecting-warp-drives-extraterrestrial-spacecraft-using-gravitational-waves-experiment/
۸. https://phys.org/news/۲۰۲۴-۰۷-simulates-gravitational-warp.html
9. NASA/JPL-Caltech/R. Hurt, T. Pyle (IPAC)

هم اکنون شـــــــمـــا می توانید با چشم های خودتان و بدون هیچ ابزاری سیارک بنو را ببینید!

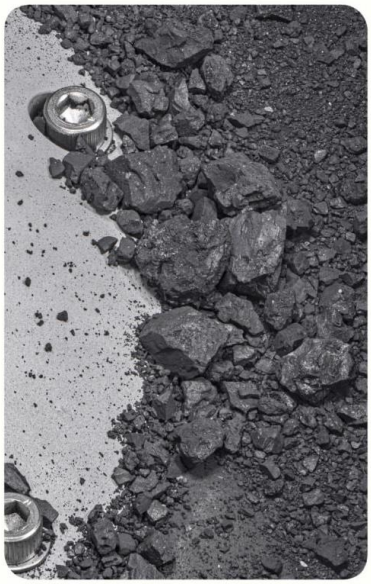
تنها باید به مرکز فضایی جانسون ناسا در آمریکا بروید.

آرپا کرمیان-کارشناسی فیزیک مهندسی-دانشگاه الزهرا(س)
Arpa.karamian@gmail.com

شکل۱: تصاویری از بازگشت OSIRIS-REx به زمین و بازکردن نمونه‌ی سیارک بنو.

در روز ۱ مارس ۲۰۲۴ مرکز تحقیقاتی ناسا در هیوستون از نمونه‌ی سیارک بنو برای بازدید عموم رونمایی کرد.

نمونه‌ی سیارک بنو توسط ماموریت OSIRIS-REx در تاریخ ۲۴ سپتامبر ۲۰۲۳ به زمین رسید و تبدیل به اولین ماموریت موفق برداشت و برگشت نمونه‌ی سیارکی ناسا شد. این ماموریت به هدف برداشت نمونه از سیارک‌ها و رساندن آن به زمین در ۸ سپتامبر ۲۰۱۶ به فضا فرستاده شد. OSIRIS-REx دو سال بعد از پرتاب به سیارک مورد هدف خود رسید و دو سال بعد از آن نیز اولین نمونه خود از سیارک بنو را گرفت که در همان زمان پخش زنده آن در فضای مجازی خبرساز شد.



شکل۲: تصویری از نمونه ارسالی OSIRIS-REx از سیارک بنو

وزن کلی نمونه که OSIRIS-REx به سلامت به زمین آورده ۷۰/۳ گرم از گرد و غبار و سنگریزه‌های سیارک است. به گفته ناسا بعد از بررسی‌های اولیه لیستی از مواد تشکیل دهنده‌ی نمونه تا اواخر سال میلادی جاری ارائه خواهد شد تا محققان از سراسر جهان بتوانند تقاضای انجام آزمایشات و تحقیقات خود را ارسال کنند. قابل ذکر است که بخش عمده نمونه برای محققان نسل‌های آینده و فناوری که خواهند ساخت دست نخورده باقی خواهد ماند.

چرا سیارک بنو؟

۱) بنو نسبت به دیگر سیارک‌های کمربند سیارکی، فاصله کمتری نسبت به زمین دارد همین امر باعث می‌شود تا دسترسی به آن آسان‌تر صورت گیرد.
۲) قطر این سیارک حدود ۵۰۰ متر است و حدوداً هر ۴/۳ ساعت به دور خود می‌چرخد که سرعتی مناسب برای فرود فضاپیما است. هر چقدر سیارک کوچکتر باشد سرعت چرخش آن نیز بیشتر است و سنگریزه‌های روی سطح آن با سرعت بیشتر به اطراف پرتاب می‌شوند که موقع فرود برای فضاپیما خطراتی خواهد داشت.

شکل۲: تصویری از مراحل نمونه گیری OSIRIS-REx از سیارک بنو.

۳) محققان احتمال می‌دهند که سیارک بنو بازمانده از زمان پر آشوب تشکیل منظومه شمسی است و شواهدی دست نخورده در خود از ۴/۶ میلیارد سال پیش دارد.
۴) شاید بنو به اساسی ترین سوال بشر بتواند جواب دهد. انسان همیشه به دنبال منشا حیات بوده و است. اکنون که بنو دارای دو عنصر حیاتی کربن و آب است شاید بتواند به ما در پیدا کردن جواب این سوال کمک کند. از دیگر عناصر تشکیل دهنده سیارک می‌توان به آهن، آلومینیوم و پلاتین اشاره کرد.
۵) اگر بشود از اکسیژن و هیدروژن حبس شده در منابع آبی این سیارک استفاده کرد می‌توان به بنو به عنوان یک ایستگاه سوخت برای فضاپیماهایی که به مریخ و یا فراتر خواهند رفت، نگاه کرد.

۶) پیش از ماموریت OSIRIS-REx دانشمندان سال‌های زیادی مشغول بررسی سیارک بر پایه داده‌های به دست آمده از تلسکوپ‌ها بوده‌اند. حال که نمونه‌ی فیزیکی از سیارک در دستان آن‌ها است می‌توانند صحت داده‌ها، پیش‌بینی‌ها و دقت ابزار ساخت بشر را مورد بررسی قرار دهند.

۷) سیارک بنو تحت تاثیر اثر یارکوفسکی هر ساله نزدیک به ۲۸۰ متر به خورشید نزدیک می‌شود. OSIRIS-Rex علاوه بر برداشت نمونه ماموریت بررسی این اثر را از نزدیک داشت.

اثر یارکوفسکی[۲۸] یک پدیده‌ی فیزیکی است که به دلیل تابش گرمایی خورشید بر چرخش و حرکت مداری اجرام کوچک آسمانی مانند سیارک‌ها و شهاب‌سنگ‌ها تأثیر می‌گذارد. که در مورد سیارک بنو باعث نزدیک شدن آن به خورشید و کاهش شعاع مداری آن می‌شود. پیشبینی‌ها حاکی از آن است که در سال ۲۱۳۵ بنو از کنار زمین با فاصله‌ی نزدیک تر از ماه خواهد گذشت.

بعد از بنو نوبت به سیارک آپوفیز (خدای آشوب) می‌رسد که با تغییر نام ماموریت به OSIRIS-APEX این فضاپیما به وظیفه خود در پیشرفت علم و کمک به جامعه علمی در پاسخ به چگونگی پیدایش عالم عمل خواهد کرد.

منـــــابع

۱. https://science.nasa.gov/mission/osiris-rex/in-depth/
۲. https://www.space.com/osiris-rex-bennu-asteroid-sample-carbon-water
۳. https://www.space.com/space-center-houston-osiris-rex-bennu-asteroid-display
۴. https://blogs.nasa.gov/osiris-rex/
۵. https://science.nasa.gov/solar-system/why-bennu-۱۰-reasons/

[۲۸] Yarkovsky effect : وقتی یک جرم آسمانی کوچک مانند یک سیارک توسط خورشید گرم می‌شود، سطح آن در طی روز گرم و در طی شب سرد می‌شود. این اختلاف دما باعث می‌شود که جرم تابش گرمایی به فضای بیرون ارسال کند. چون تابش گرمایی نوعی انتقال انرژی است، این تابش می‌تواند باعث تغییرات کوچک ولی قابل‌توجه در حرکت مداری جرم شود.

گاه شمار کیهانی

پرستو سربازی- کارشناسی ارشد اخترفیزیک -دانشگاه الزهرا(س) Parastoosky99@gmail.com
فاطمه صادقی-دانشجوی کارشناسی فیزیک-دانشگاه الزهرا(س) f81.sadeghi1987@gmail.com
نرگس رستمی-کارشناسی ارشد کیهانشناسی- دانشگاه الزهرا(س) n.rostami2001.phy@gmail.com

مـــــــهرمـــاه

۱ مهر	خورشید دراعتدال پاییزی همنشینی ماه و مشتری
۳ مهر	ماه در تربیع آخر
۴ مهر	همنشینی ماه و مریخ ماه نو
۱۱ مهر	خورشید گرفتگی حلقوی
۱۴ مهر	همنشینی ماه و زهره
۱۶ مهر	اوج بارش شهابی اژدهایی
۱۸ مهر	آغاز حرکت برگشتی مشتری
۲۳ مهر	همنشینی ماه و زحل
۲۶ مهر	ماه کامل
۳۰ مهر	اوج بارش شهابی جبار همنشینی ماه و مشتری

آبان ماه

۲ آبان	همنشینی ماه و مشتری
۳ آبان	ماه در تربیع آخر
۱۱ آبان	ماه نو
۱۵ آبان	همنشینی ماه و زهره اوج بارش شهابی ثوری جنوبی
۱۹ آبان	ماه در تربیع اول
۲۱ آبان	همنشینی ماه و زحل
۲۲ آبان	اوج بارش شهابی ثوری شمال
۲۶ آبان	ماه کامل
۲۷ آبان	اورانوس در وضعیت مقابله اوج بارش شهابی اسدی همنشینی ماه و مشتری

آذرماه

۱ آذر	همنشینی ماه و مریخ
۳ آذر	ماه در تربیع آخر
۸ آذر	اوج بارش شهابی جباری
۱۱ آذر	ماه نو
۱۴ آذر	همنشینی ماه و زهره
۱۷ آذر	آغاز حرکت برگشتی مریخ
۱۸ آذر	مشتری در مقابله با خورشید همنشینی ماه و زحل ماه در تربیع اول
۲۴ آذر	اوج بارش شهابی جوزایی همنشینی ماه و مشتری
۲۵ آذر	ماه کامل
۲۸ آذر	همنشینی ماه و مریخ

فراســـــــوی آسمان

توضیح رویداد های نجومی

نرگس رستمی-کارشناسی ارشد کیهانشناسی- دانشگاه الزهرا(س)
n.rostami2001.phy@gmail.com

اعتدال پاییزی : لحظه‌ی عبور خورشید از اِستوای سماوی از شمال به جنوب را نشان می‌دهد.

همنشینی : مقارنه یا همنشینی به معنای کنار هم قرار گرفتن دو یا چند جرم آسمانی از منظر زمین است، به‌طوری که از لحاظ واقعی در فاصله‌های دوردستی نسبت به هم قرار دارند.

بارش شهابی زرافه ای : کانون این بارش شهابی در صورت فلکی اژدها واقع شده و هر زمان که در بالای افق قرار گیرد می‌توان شاهد بارش شهاب‌ها بود . این بارش شهابی درتاریخ ۱۳ و ۱۴ ام مهرماه قابل رویت است که اوج فعالیت آن در روز جمعه ۱۴ ام مهرماه خواهد بود.

لازم به ذکر است که برای مشاهده‌ی شهاب‌ها احتیاجی به شناخت کانون بارش در صور فلکی و خیره شدن به ناحیه‌ی خاصی از آسمان نیست زیرا شهاب‌ها معمولاً تا ۳۰ درجه‌ای کانون بارش قابل مشاهده نیستند و در واقع از همه جهات از کانون بارش دور می‌شوند و در تمام نقاط آسمان ظاهر می‌شوند.

بارش شهابی اژدهایی : این بارش بر اثر عبور زمین از میان رد دنباله‌دار 21p Giacobini Zinner/ ایجاد می‌شود و بارش نسبتاً ضعیفی محسوب می‌شود به‌طوری که به ندرت می‌توان بیش از پنج شهاب در ساعت دید.

بارش شهابی ثوری : یکی از بارش های سالیانه «بارش شهابی ثوری» است که خود شامل دو بارش مجزا با نام های«ثوری جنوبی» و «ثوری شمالی» می‌شود.

این بارش شهابی در صورت فلکی ثور(گاو) واقع شده است از این رو ستاره شناسان آن را بارش شهابی ثوری نامیده‌اند.

بارش شهابی ثوری جنوبی : این بارش در اثر برخورد ذرات برجا مانده از دنباله‌دار انکه (Encke) با جو زمین ایجاد می‌شود. این بارش از ۱۹ شهریورتا ۲۹ آبان فعال است و در روز ۱۸ مهر به اوج فعالیت خود می‌رسد.

بارش شهابی ثوری شمالی : این بارش در فاصله‌ی زمانی ۲۱ مهر تا ۱۱ آذر فعال است که اوج آن در ۲۱ آبان رخ می‌دهد. نرخ ساعتی سرسویی (تعداد شهاب‌های قابل مشاهده در طول یک ساعت) برای این بارش شهابی ۵ است.

خورشد گرفتگی حلقوی : این نوع گرفت زمانی رخ می‌دهد که ماه نمی‌تواند قرص خورشید را به طور کامل بپوشاند و بنابراین همانند شکل زیر لبه بیرونی خورشید به صورت حلقه‌ای از آتش دیده می‌شود.

بارش شهابی اپسیلون جوزایی : کانون این بارش در صورت فلکی جوزا (دو پیکر) قرار دارد. در هر ساعت می‌توان دو شهاب را رصد کرد که سرعت تقربی آن‌ها در حدود ۷۰ کیلومتر بر ثانیه است .بازه‌ی زمانی این بارش بین ۲۲ مهر تا ۵ آبان است که در ۲۶ مهر به اوج خود می‌رسد.

بارش شهابی جباری : زمانی که زمین در حال عبور از میان بقایای دنباله دار هالی است ما می‌توانیم شاهد بارش شهابی‌ای باشیم با توجه به کانون آن در آسمان که صورت فلکی جبار است به همین نام نیز نامگذاری شده‌است . نرخ ساعتی سرسویی (ZHR) در زمان اوج برای این بارش معمولاً حدود ۳۰ است.

بارش شهابی اسدی : این بارش یکی از شهاب باران های معروف است که هر ساله در روزهای پایانی آبان ماه رخ می‌دهد و نام آن نیز برگرفته از کانون آن (واقع در صورت فلکی اسد) است.

منشا این بارش دنباله دار تمپل – تاتل (Temple – Tuttle) است که دوره تناوب آن ۳۳.۳ سال است و تقریبا هر ۳۳ سال یکبار با بازگشت آن تراکم گرد و غبار در مسیر گردش زمین به خورشید بیشتر می‌شود و رگبار بارشی اتفاق می‌افتد.

دنباله دار تمپل - تاتل آخرین بار در سال ۱۳۷۸ از مدار زمین عبور کرد و به همین سبب در آن سال شاهد بارش شهابی چشمگیری بودیم. این دنباله دار بار دیگر در ۲۹اسفند ۱۴۰۹ باز هم در آسمان ظاهر میشود بنابراین می‌توان در این سال انتظار بارش بسیار خوبی را داشت.

بارش شهابی جباری نوامبر : بازه‌ی فعالیت این بارش بین ۲۲ آبان تا ۱۵ آذر است که در تاریخ ۷ آذر به اوج خود می‌رسد. این شهاب باران که دنباله دار منشا آن هنوز مشخص نیست یک جریان شهاب سنگی ضعیف با نرخ ساعتی سرسویی (ZHR) نزدیک به ۳ است.

بارش شهابی جوزایی : این بارش که از جمله پربارترین بارش‌های سال است از معدود شهاب باران‌هایی است که منشا آن دنباله دار نبوده بلکه سیارک است . در واقع در هنگام عبور سیارک از نزدیکی خورشید تکه‌هایی از آن جدا می‌شود و در مدار باقی می‌ماند.

بارش شهابی جوزایی[۵]

این بارش از ۱۳ تا ۲۶ آذر ماه فعال است و در ۲۳ آذر به اوج خود می‌رسد.

برای این بارش انتظار می‌رود درزمان اوج ۱۲۰ شهاب در ساعت دیده شود.

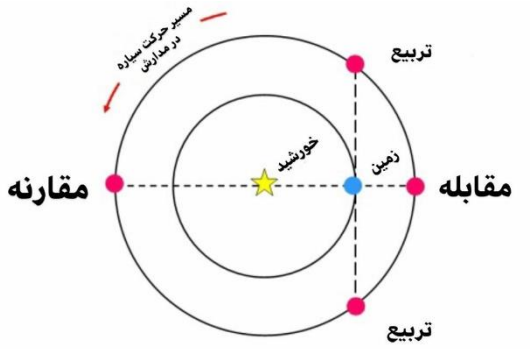
حرکت بازگشتی(رجعی): حرکت واقعیِ سیارات منظومه شمسی، مداری است بیضوی شکل به دور خورشید، اما حرکت ظاهریِ سیارات از دید ناظر زمینی به شکل رفت و برگشتی است که به آن حرکت رجعی یا بازگشتی گفته می‌شود. این پدیده به علت جابجایی ناظر در اثر گردش زمین بدور خورشید، اختلاف منظر ناشی از آن و همچنین تغییرات سرعت مداری زمین نسبت به سیارات می‌باشد.

حرکت ظاهریِ یک سیاره از غرب به شرق تا زمانی است که سرعت آن به کمترین مقدار می‌رسد، و به نظر می‌آید که متوقف شده و نسبت به صفحه‌یِ ستارگان حرکتی ندارد. در این حالت گفته می‌شود سیاره در «اقامت شرقی» به سر می‌برد.

پس از آن، سیاره حرکت بازگشتی خود را آغاز می‌کند که همان حرکت رجعی است (حرکت شرق به غرب). در پایان حرکت رجعی، دوباره سیاره به حالت اقامت می‌رسد که به آن «اقامت غربی» گفته می‌شود. و بعد از آن دوباره حرکت اصلی یعنی غرب به شرق ادامه می‌یابد.

این تصویر، تصویری ترکیبی است و فاصله هرکدام از تصاویر حدوداً ۵ تا ۹ روز است. شروع عکسبرداری از اواخر ماه آوریل ۲۰۱۸ (در پایین سمت راست) اتفاق افتاده و تا ۵ نوامبر ۲۰۱۸ ادامه داشته است. در تصویر، حرکت رجعی سیاره مریخ در آسمان زمین، به خوبی مشخص شده است.[۶]

مقابله : در نیمه‌یِ راه حرکت برگشتی، یعنی بین اقامت شرقی و غربی، سیاره در حالتی قرار دارد که کمترین فاصله را تا زمین دارد. این حالت برای سیارات بیرونی (مریخ به بعد) زمان «مقابله» است که بهترین موقعیت رصدی برای آنهاست. (شکل مقابل)



اصطلاح مقابله که برای سیارات بیرونی رخ می‌دهد به این معنا است که سیاره‌ی مورد نظر در مقابل خورشید قرار می‌گیرد. در واقع زمانی که خورشید در غرب غروب می‌کند سیاره در شرق طلوع می‌کند.

منابع

۱.Earthsky.org

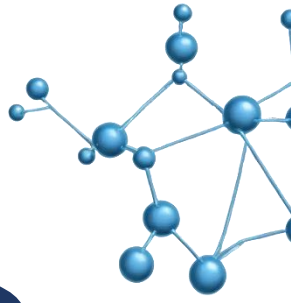
۲.Asiac.ir

۳.Seasky.org

۴.https://www.timeanddate.com/astronomy/meteor-shower/geminids.html

۵. DR. FRED ESPENAK/SCIENCE PHOTO LIBRARY/GETTY IMAGES

۶. Tunc Tezel (TWAN)



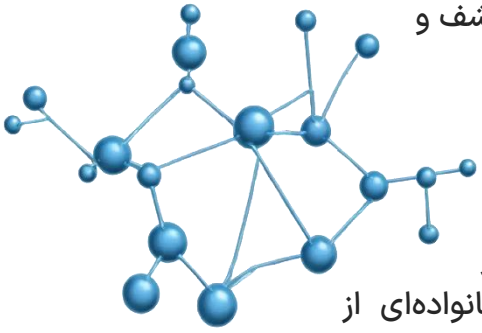
از دنیای مواد دوبعدی

مکسین‌ها

فاطمه سادات صوف‌باف-زهرا رستمی اریمی
دانشجو کارشناسی ارشد فیزیک ماده‌چگال، دانشگاه الزهرا(س)

مقدمه

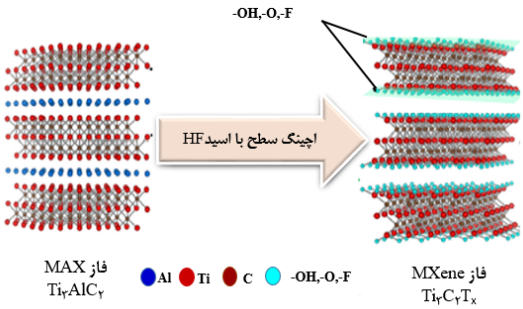
با داشتن خواص و ویژگی‌های منحصربفرد، مواد نانومتری تمامی ابعاد علم و تکنولوژی را تحت تاثیر قرار داده و هر روز اکتشافات جدیدی در این طیف از مواد به وقوع می‌پیوندد. نانومواد دوبعدی در یک بعد دارای بعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر بوده و از اولین اعضای این خانواده می‌توان به گرافن یا گرافیت اشاره کرد. استفاده در حوزه‌های مختلف و متنوعی چون کامپوزیت ها، سنسورها، وسایل نوری، کاربردهای محیط زیستی و نیز ابزارهای مختلف در درمان سرطان تنها تعداد کمی از کاربردهای کلیدی دسته مواد دوبعدی است[۱]. مکسین[۲۹]ها گروه تازه‌ای از نانو مواد با ساخت لایه‌ای هستند که به تازگی به دنیای مواد دوبعدی افزوده شده‌اند. این دسته از مواد برای نخستین بار توسط گروهی از محققان دانشگاه درکسل آمریکا در سال ۲۰۱۱ کشف و معرفی شدند.



ساختار مکسین‌ها با فرایند حکاکی شیمیایی از پیش ماده مکس(خانواده‌ای از نیتریدها و کاربیدهای فلزهای واسطه با فرمول شیمیایی($M_{n+1} A X_n$) به دست می‌آیند(شکل۱) . M یک فلز واسطه(مانند Mo, Cr, Ta, Nb,V, Zr, Ti, Sc) ، A یک عنصر از(بیشتر گروه‌های۱۳و۱۴) جدول تناوبی و X کربن یا نیتروژن است. طی فرایند حکاکی، فرمول شیمیایی مکسین به صورت $M_{n+1} X_n T_x$ خواهد شد که عنصرA جای خود را به گروه عاملی سطحی همچون OH – وO-و F- که با نماد T نمایش داده شده است،

[۲۹] MXen

می‌دهد. n نیز می‌تواند عددهای ۱، ۲ و ۳ را اختیار کند، به دلیل تغییر n از ۱ تا ۳ ورقه‌های مکسین به ترتیب از ۳، ۵ یا ۷ لایه اتمی با فرمول شیمیایی M_2X و M_3X_2 و M_4X_3 تشکیل می‌شوند [۲]



شکل۱: شماتیکی از ماده مکس و تبدیل آن به مکسین [۳]

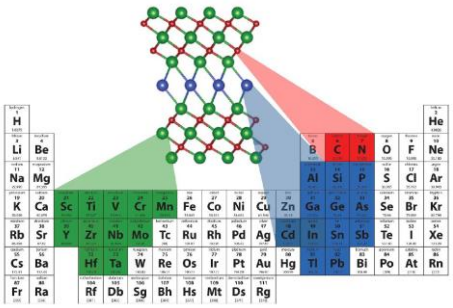
محققان در سال ۲۰۱۷ نشان دادند که می‌توان حکاکی شیمیایی مکس را با استفاده از مخلوط اسید هیدروکلریک (HCl) با لیتیوم فلوراید (LiF) و یا با غلظت های گوناگونی از اسید هیدروفلوئوریک (HF) انجام داد [۴]. گروه های عاملی سطح که پس از مرحله حکاکی شیمیایی بر روی سطح ایجاد می‌شوند همچون(-F,-O,-OH)تا حد زیادی به روش حکاکی بستگی دارند. به عنوان مثال، $Ti_3C_2T_x$ به دست آمده از روش حکاکی به وسیله ی اسید HF حاوی چهار برابر گروه عاملی - F بیشتر از مواردی است که توسط مخلوط HCl/LiF حک می‌شوند [۵]

به دلیل وجود گروه‌های عاملی گفته شده، مکسین‌ها خاصیت آبدوستی فوق العاده‌ای داشته و بر خلاف خاصیت آبگریزی دیگر نانوذرات می‌توانند به راحتی در زمینه‌های مختلف و بدون نیاز به هیچ ماده واسطه در آن محیط پخش شوند. پس از اتمام فرایند اچ به دلیل تضعیف نیروهای بین لایه‌ای مکسین‌ها، این ذرات لایه‌ای با کمک التراسونیک یا حتی تکان دادن دستی از هم باز شده و در حلال زمینه پخش می شوند[۶].

مکسین‌های مبتنی بر تیتانیم مانند Ti_2CT_x و بخصوص $Ti_3C_2T_x$ به دلیل فراوانی عناصر و غیر سمی بودن محصولات جانبی، مناسب‌ترین گزینه برای کاربردهای زیست محیطی هستند[۷].

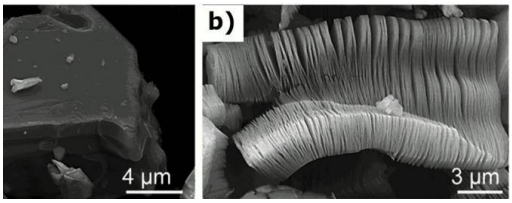
با توجه به شکل ۲، این فازها دارای ساختار شش ضلعی هستند و لایه هایی از "M" و "A" در هم تنیده می‌شوند. اتم های "X" در مکانهای هشت ضلعی تشکیل شده توسط عناصر "M" قراردارند. خواص فاز مکس[۳۰] برگرفته از خواص سرامیک‌ها و فلزات می باشد؛ بطوریکه خواص سرامیکی این فازها شامل چگالی کم سختی بالا، مقاومت عالی در برابر خوردگی بوده و خواص فلزی این فازها شامل رسانایی الکتریکی و حرارتی بالا و ماشین کاری خوب همانند مواد فلزی است. پیوندهای M - X معمولا ترکیبی از نوع یونی فلزی و کووالانسی هستند و پیوندهای M-A نیز کاملا فلزی هستند.

[۳۰] MAX



شکل۲ : عناصر تشکیل دهنده فاز مکس [۴]

برخلاف دیگر ترکیبات سه بعدی مثل گرافیت که از طریق پیوندهای ضعیف واندروالسی به هم متصل هستند، فاز مکس از پیوندهای قوی برخوردار است. براین اساس، برای اولین بار روش لایه برداری شیمیایی سنتز مواد دو بعدی مکسین از جامدات پیوند خورده اولیه فاز مکس را امکان‌پذیر ساخت[۵].



شکل۳: تصاویر SEM(a b) Ti_3AlC_2 بعد از حک کردن در HF [۸]

ساختار کریستالی

ساختار مکسین‌ها می‌تواند به یکی از سه حالت زیر باشند:

- M_2X
- M_3X_2
- M_4X_3

پیوندهای موجود در مکسین شامل پیوندهای فلزی کووالانسی و یونی است پیوند بین M-X قوی و از نوع کووالانسی یونی و فلزی و پیوند بین M-A ضعیف است و بر همین اساس امکان حذف لایه اتمی A برای رسیدن به مکسین وجود دارد [۹].

مکسین با رابطه $Ti_3C_2T_x$ (متعلق به مجموعه M_3AX_2)اولین عضو از خانواده‌ی مکسین‌هاست که کشف شد. با حذف گزینشی Al از ساختار Ti_3AlC_2 می‌توان به ساختار مکسین $Ti_3C_2T_x$ دست یافت. [۶]

روش سنتز

به طور کلی، دو روش برای سنتز مواد دو بعدی وجود دارد:

- رویکرد از پایین به بالا
- رویکرد بالا به پایین

در رویکرد پایین به بالا مانند رسوب دهی بخار شیمیاییCVD که می‌تواند فیلم‌هایی با کیفیت بالا را بر روی زیرلایه‌های مختلف تولید کند. این روش عموما ساخت مکسین استفاده نمی‌شود، زیرا فیلم‌های بدست آمده تک لایه نیستند، بلکه فیلم‌های چند لایه بسیار نازک هستند. [۶]

با وجود مزایای روش پائین به بالا از جمله قابلیت رشد نانو صفحات بسیار نازک مکسین با اندازه‌های بزرگ، این نوع روش‌ها معمولا دارای بازده کم، هزینه زیاد و پیچیدگی بالای فرایند است که شامل زیر لایه و انتقال فیلم نازک بر آن است. روش‌های پائین به بالا چندان گسترش نیافته‌اند ولی با بهینه‌سازی بیشتر پارامترهای فرایند مانند کاهش دما، استفاده از محلول‌های خورنده مناسب‌تر و کاهش

باقی‌مانده‌های فرایند می‌توان در آینده نانو ذرات مکسین با کیفیت بسیار بالا و هزینه کم تولید کرد. [۱۰]

رویکرد دوم یک رویکرد از بالا به پایین است که شامل لایه برداری از جامدات با ساختار لایه‌ای است. این روش را می‌توان بیشتر به لایه برداری مکانیکی و شیمیایی تقسیم کرد. [۱۱]

کلید تبدیل مواد جامد سه بعدی به مواد دو بعدی استفاده از روش بالا به پایین با لایه برداری شیمیایی، به همراه تضعیف پیوندهای بین لایه‌ای است. در این روش می‌توان لایه‌ها را در حلال پراکنده کرد بنابراین چالش اصلی یافتن ترکیب مناسب برای مواد هدف لایه برداری و حلال است[۱۲].

در روش بالا به پایین حکاکی می‌تواند به چند طریق صورت گیرد:

- حکاکی با HF
- حکاکی با نمک فلوراید
- حکاکی قلیایی

سنتز فاز مکس Ti_3ALC_2 [۲]

برای سنتز هر نمونهTi_3ALC_2 مخلوط پودری TiC:Ti:AL با نسبت استوکیومتری ۲:۱:۱ انتخاب شد . پس از وزن کردن، این مواد باهم مخلوط شده و در دو مدت زمان متفاوت ۳ و ۹ ساعت در آسیاب سیاره‌ای گلوله‌ای با سرعت ۵۲/۳۳ rad/s قرار داده شد. در این مرحله از سنتز Ti_3ALC_2، پودرها به طور کامل همگن و اندازه ذره‌ها کمتر از ۳۸ µm شدند. سپس پودر همگن شده در کوره با دمای $1470°C$ به مدت ۲ ساعت در جو آرگون با شدت جریان ml/min ۵۰ قرار گرفت و سرانجام از الک با مش ۴۰۰ عبور داده شد.

با توجه به مواد اولیه به کار رفته در پژوهش انتظار می‌رود واکنش های زیر انجام شوند:

$$TiC+Al+Ti \longrightarrow Ti_2AlC \quad (۱)$$

$$2TiC+Ti+Al \longrightarrow Ti_3AlC_2 \quad (۲)$$

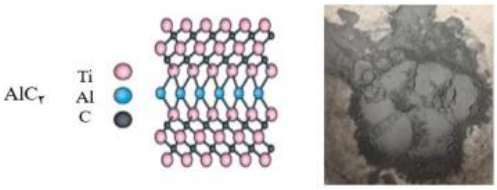
$$Ti_2AlC+TiC \longrightarrow Ti_3AlC_2 \quad (۳)$$

طبق معادله (۱) و (۲) TiC می‌تواند با تیتانیوم و آلومنیوم واکنش دهد تا به ترتیب Ti_2ALC و Ti_3ALC_2 تشکیل شوند. پس از تشکیل Ti_2ALCاین ماده می‌تواند با TiC واکنش دهد و دوباره باعث تشکیل Ti_3ALC_2 شود. همچنین حضور آلومنیوم باعث سرعت بخشیدن به واکنش می‌شود.[۲]

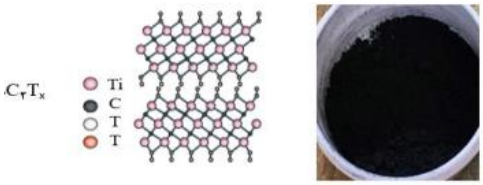
سنتز فاز مکسین $Ti_3C_2T_x$:

به منظور دستیابی به مواد دو بعدی یک یا چند لایه اتمی از مواد لایه‌ای جدا می‌کنند، که در آن پیوند لایه به لایه بسیار ضعیف‌تر از پیوند درون لایه‌هاست بنابراین در اچینگ شیمیایی لایه‌ی AL از بین می‌رود و گروه‌های عاملی بر روی سطح ایجاد می‌شوند. برای سنتز مکسین $Ti_3C_2T_x$، یک گرم از پودر Ti_3ALC_2 به ۱/۵۳× $10^{-6}m^3$ هیدروفلوئوریک اسید ۴۰% و $4.7 \times 10^{-6}\ m^3$ آب دی‌یونیزه به آرامی (در طی ۱۵ دقیقه) اضافه شد و محلول روی دستگاه همزن مغناطیسی با سرعت ۳۱/۴ rad/s با دمای $35°C$ به مدت ۳ ساعت قرار داده شد. سپس محلول بطور مساوی در ۶ فالکن $10^{-6}m^3$ و بقیه حجم فالکن از آب دی‌یونیزه پر شد و در سانترفیوژ با سرعت۳۶۶/۳۳ rad/s به مدت ۵

دقیقه قرار گرفت و این عمل چندین بار تکرار شد تا PH به حدود ۶ و یا ۷ درصد برسد و خاصیت اسیدی محلول به صورت کامل از بین برود. سپس پودر ته‌نشین شده در انتها فالکن‌ها جمع‌آوری و در آون خلاء $80°C$ به مدت ۱۶ ساعت قرار داده شد و در این مرحله لایه آلومینیوم حذف و گروه عاملی سطح جایگزین آن می‌شود.[۲]



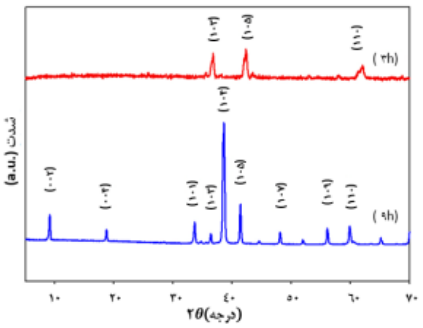
شکل۴: پودر به دست آمده از مرحله سنتز فاز مکس Ti_3ALC_2



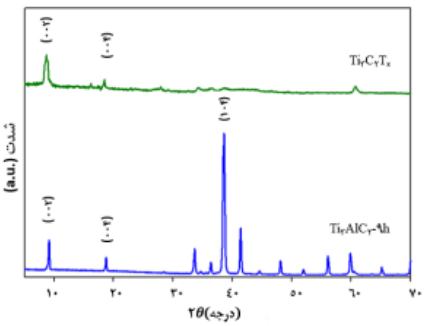
شکل۵: پودر به دست آمده از مرحله سنتز فاز مکسین $Ti_3C_2T_x$

بررسی آنالیز طیف سنجی پراش پرتو ایکس:

آنالیز طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس از نمونه‌های Ti_3ALC_2 و $Ti_3C_2T_x$ به منظور بررسی خواص ساختاری انجام شد. شکل۶ این آنالیز را برای مخلوط پودر TiC و Ti و AL در زمان آسیاب گوناگون ۳ و ۹ ساعت نشان می‌دهد. پس از ۳ ساعت آسیاب ترکیب پودری، قله‌های مواد اولیه حذف شده و سه قله از از ماده Ti_3ALC_2 تشکیل شد. با افزایش زمان آسیاب به ۹ ساعت، همه قله های پراش الگو استاندارد Ti_3ALC_2 تشکیل شد. این نتیجه گویای آن است که نمونه‌ی Ti_3ALC_2 سنتز شده در زمان آسیاب ۹ ساعت با توجه به الگوی استاندارد آن در ساختار شش وجهی رشد پیدا کرده. [۲]



شکل۶ الف) طیف های پراش پرتو ایکس نمونه ی Ti_3ALC_2 سنتز شده با زمان آسیاب متفاوت.



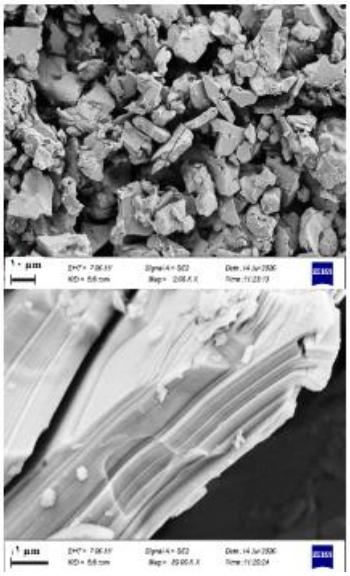
ب) طیف های پراش پرتو ایکس نمونه ی Ti_3ALC_2 و $Ti_3C_2T_x$

بررسی آنالیز میکروسکوپ الکترون روبشی گسیل میدانی (FESEM):

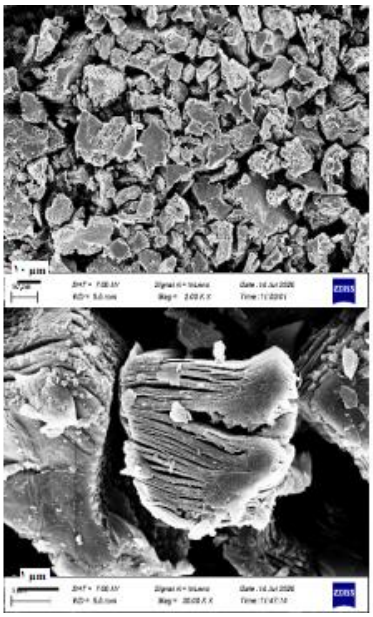
آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی از نمونه‌های مکس Ti_3ALC_2 و مکسین $Ti_3C_2T_x$ به منظور بررسی سطح‌شان انجام شد. با توجه به شکل ۷ می‌توان دریافت که نمونه‌ی Ti_3ALC_2 با ساختار لایه‌ای سنتز شده‌است. و در نمونه‌ی $Ti_3C_2T_x$ (شکل۸)، بعد از مرحله حکاکی

شیمیایی، لایه‌ی AL از پیش ماده‌ی Ti_3ALC_2 حذف شد و باعث شد تا فاصله بین لایه‌ها و ساختار لایه‌ای ماده بهتر مشخص شود که این ساختار از توده‌ای مرتب از تک لایه‌های $Ti_3C_2T_x$ تشکیل شده‌است.
در شکل ۹ تصویری از مکسین $Ti_3C_2T_x$ دیده می‌شود که اندازه‌ی فاصله‌ی بین لایه‌ای از آن یاد می‌شود با آنالیز TEM قابل اندازه‌گیری است.[۲]

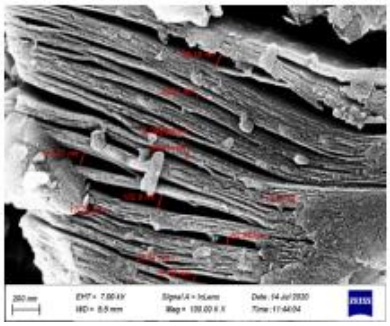
خواص مکسین ها:[۶]
پایداری:
مکسین‌ها دارای پایداری شیمیایی و حرارتی خوبی هستند که می‌تواند به علت پیوندهای قوی فلز با کربن باشد. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل حرارتی و همچنین آنالیز طیف سنجی جرمی، می‌توان گفت پایداری حرارتی مکسین‌ها به شدت به ترکیب شیمیایی و نوع محلول‌های خورنده آن بستگی دارد. با توجه به مشاهده‌های حاصل از پژوهش‌ها می‌توان دریافت که مکسین‌ها در محیط اکسیژن و در معرض آب ناپایدار هستند. مکسین‌ها در آب بصورت محلول‌های کلوئیدی ایجاد می‌شوند که می‌توان این مواد را در بطری‌های پر از آرگون نگهداری کرد تا از اکسیداسیون جلوگیری شود.



شـــکل۷: طیف FESEM نمونه های Ti3AlC2 در دو مقیاس ۱ و ۱۰ میکرومتر



شکل۸: طیف FESEM نمونه های $Ti_3C_2T_x$ در دو مقیاس ۱ و ۱۰ میکرومتر



شکل۹: طیف FESEM نمونه های $Ti_3C_2T_x$ در مقیاس ۲۰۰ نانومتر

خواص مکانیکی:

اولین مطالعه روی مکسین نشان می‌دهد که وقتی درطول صفحات کشیده می‌شوند، مکس فازها ثابت کشسان بالایی از خود نشان می‌دهند. خواص مکانیکی مکسین‌ها به طور قابل توجهی از چندلایه های گرافنی بهتر است. استحکام مکانیکی برای تک لایه‌های مکسین حدود ۰.۳۳ TPa گزارش شده است. الاستیسته مکسین وابسته به تعداد n در $Ti_{n+1}C_n$ می باشد به عبارت دیگر هر چه مقدار n بیشتر باشد الاسیسیته کم‌تری به دست می‌آید.

خواص مکانیکی مکسین به دما وابسته است. پژوهشگران دریافتند که Ti_2O_2 از سختی بالاتری نسبت به $Ti_3C_2O_2$ برخوردار است اما با افزایش دما به علت گسترش بیشتر فضای بین اتمی نرم می‌شود. تک لایه مکسین سه برابر ضخیم‌تر از گرافن است لذا استحکام خمشی به مراتب بالاتری نسبت به سایر مواد دوبعدی دارد که این موضوع مکسین را به عنوان کاندید مناسبی برای مواد کامپوزیتی معرفی می‌کند. حضور کیتوسان می‌تواند استحکام کششی مکسین را از ۸/۲ MPa به حدود ۴۳/۵ MPa افزایش دهد.

خواص الکتریکی:

یکی از بارزترین خواص مکسین رفتار فلزی با چگالی الکترونی ثابت نزدیک سطح فرمی است. این رفتار فلزی را می‌توان با تشکیل پیوندهایTi-X کنترل کرد. با کنترل و تنظیم گروه‌های سطحی می‌توان یک رفتار نیمه هادی با شکاف باندی باریک را نشان داد.

با توجه به رسانایی الکتریکی، می‌توان مکسین را به سه دسته فلزی، نیمه فلزی و نیمه‌رسانا طبقه بندی کرد. فیلم مکسین در مقایسه با گرافن از هدایت الکترونیکی یونی ذاتی بالایی برخوردار است. البته رسانایی الکتریکی مکسین به طور قابل ملاحظه‌ای به ویژگی‌های سطحی و مورفولوژیکی آن بستگی دارد. زیرا تماس بین ورقه های مستقل و ورقه های با ابعاد بزرگ به خوبی برقرار است و این امر منجر به رسانایی بالا میشود.

مغناطیسی

انتظار می رود MXen ها به دلیل پیوند کووالانسی قوی بین فلز و کاربیدها یا نیتریدهای مربوطه که به آن متصل شده‌اند غیر مغناطیسی باشند. با این حال، کرنش خارجی منجر به تخلیه اوربیتال‌های D و ایجاد خواص مغناطیسی می‌شود. بنابراین، MXenها، که بیش‌تر از کروم و منگنز تشکیل شده‌اند، به دلیل تعداد متفاوت الکترون‌های موجود برای فلزات واسطه و پیکربندی الکترونی متفاوت اوربیتال‌های D، خواص مغناطیسی از خود نشان می‌دهند. فقط آن دسته از الکترون‌هایی که

اوربیتال‌های D غیرپیوندی را اشغال می‌کنند، که در نزدیکی سطح فرمی تشکیل شده‌اند، می‌توانند عمدتاً به ویژگی‌های مغناطیسی آن‌ها کمک کنند. گزارش شده است که اکثر MXenها در حالت پایه پاد فرومغناطیسی هستند در حالی که MXenهای مبتنی بر منگنز فرومغناطیس را نشان می‌دهند .

خواص نوری

خواص نوری با استفاده از لایه های نازک مکسین‌ها و کامپوزیت‌های آن‌ها ارزیابی می‌شود. این فیلم‌ها را می‌توان از رسوب لایه به لایه پراکندگی مکسین تولید کرد. با استفاده از لایه نازک $Ti_3C_2T_x$، خواص نوری مورد مطالعه قرار می‌گیرد که نشان می‌دهد لایه های نازک مکسین‌ها عمدتا شفاف هستند. کاربیدهای تیتانیوم بیش از ۹۷ درصد نور مرئی در هر نانومتر را از خود عبور می‌دهند این ویژگی‌های نوری منحصربه‌فرد راه را برای کاربرد آن‌ها در چندین کاربرد مبتنی بر فوتونیک و کاربردهای نوری الکترونیکی مانند سوئیچ نوری، سیستم تبخیر حرارتی، الکترودهای انتقال رسانا، فتوولتائیک‌های قطبی، پوشش رسانا و غیره هموار کرد.

کاربردها:

۱.تصفیه آب

آلودگی آب تأثیر نامطلوبی بر رشد اقتصادی و چشم اندازهای اجتماعی جوامع و کشورها دارد. آب یکی از مهم‌ترین مواد اولیه مورد استفاده در صنایع نساجی، غذایی کاغذ و داروسازی است. پساب این صنایع معمولاً حاوی بقایای مواد رنگزا است که به راحتی توسط موجودات ذره بینی قابل تجزیه نیستند پساب حاوی این بقایای مواد رنگزا تأثیرات منفی بر روی محیط زیست ایجاد می کند.

یکی از مهم‌ترین و مناسب‌ترین روش‌های حذف مواد رنگزا، روش‌های مبتنی بر جذب می‌باشد از مزایای این روش سهولت ،کار، هزینه کم، به صرفه بودن و سریع بودن می‌باشد . مکسین‌ها و غشاهای مبتنی بر مکسین‌ها ساختارهایی با پتانسیل بسیار بالا برای حذف مواد رنگزا از محیط های آبی میباشند [۱۴]. بطور مثال مشتیلر و همکارانش [۱۵] دریافتند که مکسین (Ti_3C_2) پتانسیل بسیار خوبی برای جذب و تجزیه کاتالیزور نوری ماده رنگزای متیلن آبی (MB) و اسید آبی (AB۸۰) از خود نشان می‌دهد. نتایج این محققان نشان داد که هنگامی که پرتو فرابنفش روی محلول حاوی مواد رنگزا و $Ti_3C_2T_x$ تابانده شد تخریب مواد رنگزا افزایش یافت.

۲.حسگر زیستی

به تازگی مشخص شده است که یک نانوکامپوزیت مکسین اصلاح شده با TiO_2 که توسط فرایند هیدروترمال ساخته شده است می تواند به عنوان زمینه- ای برای تحرک ناپذیری هموگلوبین در حسگر زیستی (Nafion / Hb / $Ti_3C_2T_x$ - TiO_2 / GCE) که پراکسید هیدروژن را تشخیص می‌دهد، استفاده شود. در آن نانولایه‌های مکسین ساختاری سازه‌ای مانند با یک انتهای بسته و انتهای دیگر

باز نشان داده شده است. تعداد زیادی نانوذرات سفید TiO_2 روی لایه های مکسین بارگذاری شده اند. ساختار سازه‌ای مانند برای بی‌حرکتی آنزیم در سطوح داخلی مکسین مفید است علاوه بر این، TiO_2 دارای زیست سازگاری عالی و پایداری شیمیایی است که می‌تواند محیط محافظی برای آنزیم‌ها فراهم کند. [۱۶]

۳. کاربردهای مکسین در برداشت انرژی [۱۷]

ماژول‌های جمع‌آوری انرژی نقش مهمی را در توسعه دستگاه‌های میکروالکترونیکی خودمختار ایفا می‌کنند مکسین‌ها (یعنی کاربید/نیترید فلز واسطه دوبعدی) اخیراً به دلیل هدایت الکترونیکی عالی، سطح ویژه بزرگ و ویژگی‌های قابل تنظیم، به‌عنوان کاندیدهای امیدوارکننده برای کاربردهای انرژی ظاهر شده‌اند.

توجه زیادی به توسعه دستگاه‌های ذخیره‌سازی انرژی در اندازه‌های کوچک از جمله میکرو باتری‌ها و میکرو ابرخازن ها شده است .

توسعه ماژول‌های جمع‌آوری انرژی مینیاتوری برای ایجاد یک سیستم خود نیرو می‌تواند یک استراتژی امیدوارکننده برای تحقق دستگاه‌های میکروالکترونیکی کم‌هزینه، بادوام و مینیاتوری باشد.

برای توسعه ماژول‌های جمع‌آوری انرژی مینیاتوری با کارایی بالا، تلاش‌های زیادی برای بررسی مواد مناسب برای جذب موثر منابع مختلف انرژی محیطی انجام شده است. مواد دوبعدی به عنوان کاندیدای قوی برای طولانی کردن قانون مور در زمینه برداشت انرژی کوچک توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده‌اند.

به عنوان عضو جدیدی از خانواده مواد ۲ بعدی، مکسین‌ها (یعنی کاربید فلز واسطه دوبعدی، نیترید یا کربنیترید) به دلیل مزایای متعددی که برای برداشت انواع مختلف منابع انرژی محیطی مفید هستند، در این زمینه بسیار امیدوارکننده هستند:

۱) مکسین‌ها عموماً دارای رسانایی الکترونیکی فلزی هستند، بنابراین، اتلاف انرژی جذب شده آن‌ها در فرآیند جریان جریان زمانی که به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود، کم است.

۲) ماهیت دوبعدیشان آن‌ها را با سطح ویژه بالا و نسبت تصویر بالا مجهز می کند، که به نانوساختار مبتنی بر آنها اجازه می دهد تا یک سطح موثر بزرگ در اندازه کوچک داشته باشد.

۳) مکسین‌ها دارای پایداری مکانیکی نسبتاً بهتری در مقایسه با سایر مواد ۲ بعدی پردازش شده با محلول هستند، که باعث دوام و قابلیت اطمینان بالا در حین استفاده برای جذب انرژی می شود.

۴) گروه های عاملی فراوان به مکسین‌ها دارای آب دوستی بالا و توزیع بار سطحی منحصر به فرد هستند، که تولید جریان الکتریکی را در محیط‌های آبی تسهیل می کند.

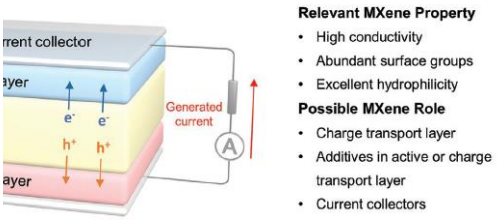
۵) ویژگی‌های بسیار قابل تنظیم مکسین‌ها از طریق طراحی ترکیبات مختلف عنصری و گروه‌های عملکردی می‌تواند برای هدف قرار دادن

سناریوهای مختلف جذب انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

این ماژول‌های جمع‌آوری انرژی مبتنی بر مکسین می‌توانند به‌عنوان منابع ریز توان برای شارژ دستگاه‌های ذخیره‌سازی میکرو انرژی (به عنوان مثال، ابرخازن‌ها، خازن‌ها) یا برای تامین انرژی میکروالکترونیک‌ها (مانند ساعت‌ها) استفاده شوند.

۱/۳:انرژی خورشیدی

در میان تمام منابع انرژی، خورشیدی به دلیل مزایای بی‌نظیر آن، از جمله سازگاری با محیط‌زیست، بی‌نهایت، ایمن بودن، به عنوان یک کاندید امیدوارکننده برای برآورده کردن نیازهای انرژی ما در آینده در نظر گرفته شده است. بنابراین، دستگاه هایی که مستقیماً خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده اند. نقش مکسین در سلول‌های خورشیدی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: مواد الکترود، مواد لایه انتقال الکترون/حفره (ETL/HTL)[۳۱]، و مواد افزودنی در لایه‌های فعال یا انتقال بار)



شکل۱۰: شماتیک مکانیسم کاری برداشت انرژی خورشیدی و نقش مکسین.

برای مثال مکسین‌ها به عنوان مواد الکترود، $Ti_3C_2T_x$ ، به عنوان عضوی از گروه در حال رشد مکسین‌ها، به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود مانند هدایت الکتریکی عالی، انتقال بالا و انعطاف پذیری کافی، پتانسیل عظیمی را به عنوان الکترود سلول های خورشیدی نشان داده است. این بخش کاربرد الکترودهای $Ti_3C_2T_x$را در توالی سلول‌های خورشیدی سیلیکونی، پروسکایت، آلی و حساس به رنگ نشان می‌دهد.

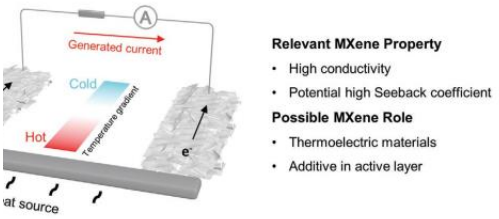
الکترودهای $Ti_3C_2T_x$ برای انتقال بارها و تشکیل میدان الکتریکی داخلی مورد استفاده قرار گرفتند و بنابراین امکان جداسازی جفت الکترون- حفره را فراهم کردند.

۲/۳: انرژی ترموالکتریک

محاسبات تئوری تابع چگالی نشان داده است که مکسین ماده‌ای با استحکام بسیار بالا است به طوری که ثابت کشسان درون صفحه‌ای آن به بیش از ۵۰۰ GPa می‌رسد. خزاعی و همکارانش دریافتند که نیمه رسانایی مکسین در دماهای پایین به ضرایب سیبک بسیار بزرگ منجر می‌شود. خواص گفته شده می‌تواند منجر به کاربردهای مهمی از جمله ذخیره انرژی با مکسین‌ها منجر شود. زی و همکارانش مکسین را به همراه نانوذرات پلاتین مورد آزمایش قرار دادند و به یک کاتالیزور فوق پایدار در زمینه‌ی سلول‌های سوختی دست یافتند.

[۳۱] electrode materials, electron/ hole–transport layer (ETL/HTL)

برداشت انرژی ترموالکتریک را می توان به عنوان تبدیل مستقیم گرما به الکتریسیته تعریف کرد که مکسین آن را به یک فناوری انرژی موثر و قابل اعتماد برای میکروالکترونیک تبدیل می‌کند.

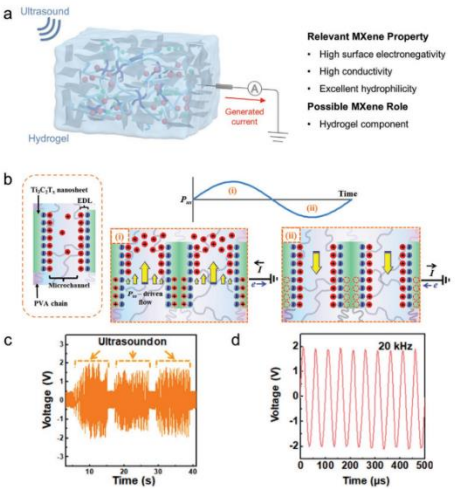


شکل ۱۱: تصویر شماتیکی که مکانیسم کار برداشت انرژی ترموالکتریک و عملکرد MXenها

۳٫۳: انرژی فراصوت

امواج فراصوت یک منبع انرژی با دسترسی آسان است و هنگام عبور از بافت‌های انسانی، انرژی خود را به مقدار بسیار کمی از دست می‌دهد و به خوبی از میان بافت‌ها عبور می‌کند. . این ویژگی‌ها فراصوت را به منبع انرژی عالی برای دستگاه های پزشکی قابل کاشت تبدیل می کند.. با این حال، دستگاه هایی که می‌توانند انرژی فراصوت را جمع آوری کرده و آن را به الکتریسیته تبدیل کنند، اغلب به مواد بسیار خاص و روش های ساخت پیچیده متکی هستند. اخیراً نشان داده شده است که هیدروژل‌های مکسین می‌توانند به آسانی انرژی فراصوت را جمع‌آوری کنند در حالی که فقط به پیکربندی دستگاه ساده و فرآیند ساخت آسان نیاز دارند . هنگامی که هیچ میدان خارجی اعمال نمی‌شد، یک لایه دوگانه الکتریکی (EDL)[۳۲]

می تواند بر روی سطوح نانوصفحات مکسین به دلیل ماهیت الکترونگاتیوی بالای آن تشکیل شود. بر اساس یک تئوری جریان/ولتاژ جریان، زمانی که موج اولتراسوند به هیدروژل می‌رسند، یک جریان تحت فشار ایجاد می‌کند و یون‌های شمارنده اضافی در EDL به سمت مکسین رانده می‌شوند. این باعث ایجاد اختلاف پتانسیل بین نانوصفحات مکسین و جریان انباشته شده در کاتیون می‌شود و بنابراین الکترون های اضافی حاصل به سمت زمین خارجی حرکت می‌کنند تا تعادل الکترواستاتیکی حاصل شود.



شکل۱۲: مکسین برای برداشت انرژی فراصوت. a) تصویر شماتیک یک ماژول برداشت انرژی فراصوت و نقش مکسین‌ها در آن. b) شماتیک هایی که مکانیسم پیشنهادی برداشت انرژی فراصوت را بر اساس هیدروژل مکسین نشان می دهد. PVA به پلی (وینیل الکل) اشاره دارد.

[۳۲] electric double layer

c) منحنی‌های ولتاژ-زمان ماژول جمع‌آوری انرژی فراصوت مبتنی بر هیدروژل مکسین ، فراصوت ورودی ۲۰ kHz و مقاومت بار MΩ ۱۰.

d) شکل موج ولتاژ تولید شده توسط هیدروژل مکسین در مقیاس میکروثانیه

پیشرفت امواج فراصوت منجر به شل شدن لایه کاتیونی فشرده شد و بنابراین حرکت الکترون معکوس از زمین به هیدروژل مکسین قابل تشخیص بود. سیگنال های جریان/ولتاژ نوسانی تولید شده با شکل موج فراصوت پذیرفته شده مطابقت دارد. مقدار کمی H_2SO_4 به هیدروژل مکسین اضافه شد تا مقدار کل یون را افزایش دهد. با افزایش مقدار H_2SO_4 (۰/۵-۰/۱ درصد وزنی)، ولتاژ خروجی به
طور متناظر افزایش یافت، و ثابت کرد که فرآیند برداشت انرژی فراصوت ارتباط زیادی با حالت یونی درون هیدروژل دارد. با موج فراصوت ورودی ۲۰ کیلوهرتز و مقاومت بار MΩ ۱۰ ، چنین دستگاهی ولتاژ $V \approx 2$ خروجی می دهد .استفاده از یک هیدروژل مشابه بدون مکسین تنها می تواند پاسخ ولتاژ بسیار محدودی را ارائه دهد، که نشان دهنده اهمیت مکسین در گرفتن انرژی فراصوت است.

نتیجه گیری

مکسین‌ها به عنوان نانومواد دو بعدی ،نوظهور به دلیل برخورداری از خصوصیات منحصر بفرد نظیر سطح ویژه ،بالا پایداری شیمیایی بالا، هدایت حرارتی الکتریکی قابل توجه و خواص ضد میکروبی، کاربردهای متنوعی در حوزه های مختلف نظیر ذخیره انرژی، محافظت الکترومغناطیسی حسگرهای زیستی و گازی، کاتالیزورهای فتوالکتروشیمیایی و تصفیه پساب نشان داده است.

منابع

[۱] Khan K, Tareen A K, Aslam M, Wang R, Zhang Y, Mahmood A, Ouyang Z, Zhang H and Guo Z ۲۰۲۰ *Recent developments in emerging two-dimensional materials and their applications* vol ۸(Royal Society of Chemistry)

[۲] ذبیحی، فائزه؛ حسینی،سید ایمان ؛ «بهبود پارامترهای سنتز نانوذره دو بعدی مکسین $Ti_3C_2T_x$ با استفاده از تلفیق آسیاب مکانیکی و شیمیایی»؛ *نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران*، سال ۱۴۰۱، شمارة ۳، صفحه ۲۶۳ تا ۲۷۱.

[۳] Kumar S, Lei Y, Alshareef Niman H., Quevedo-Lopez M.A., Salama Khaled N., Biofunctionalized Two Dimensional Ti۳C۲ MXenes for Ultrasensitive Detection of Cancer Biomarker, *Biosensors and Bioelectronics*, ۱۲۱: ۲۴۳–۲۴۹ (۲۰۱۸).

[۴] عتیقی، میلاد؛ حسن‌زاده،مهدی ؛ «کاردبرد مکسین و کامپوزیت های مبتنی بر حذف آلاینده های رنگی، فلزات سنگین و رادیو نوکلوئیدها از پساب های صنعتی و هسته ای»؛ *نشریه مطالعات در دنیای رنگ/۱۱*، سال ۱۴۰۱، صفحه ۱۳ تا ۳۱.

[۵] R. M. Ronchi, J. T. Arantes, S. F. Santos, "Synthesis, structure properties and applications of MXenes: Cu rrent status and perspectives", Ceram. Int. ۴۵, ۱۸۱۶۷–۱۸۱۸۸, ۲۰۱۹.

[۶] آقایار، زهرا؛ صلاحی،اسماعیلی؛ رضایی،حمیدرضا ؛ «خواص، روش های ساخت، و کاربردهای نانوذرات مکسین»؛ *دومین کنفرانس بین*

[۷] K. Rasool, R. P. Pandey, P. A. Rasheed, S. Buczek, Y. Gogotsi, K. A. Mahmoud, "Water treatment and environmental remediation applications of two-dimensional metal carbides (MXenes)", Mater. Today, ۳۰, ۸۰–۱۰۲, ۲۰۱۹.

[۸]M. Carey, M. W.Barsoum, "MXene polymer nanocomposites: a review" Mater. Today Adv. ۹, ۱۰۰۱۲۰. ۲۰۲۱.

[۹] Zhu J, Ha E, Zhao G, Zhou Y, Huang D, Yue G, Hu L, Sun N, Wang Y, Lee L Y S, Xu C, Wong K Y, Astruc D and Zhao P ۲۰۱۷ Recent advance in MXenes: A promising ۲D material for catalysis, sensor and chemical adsorption *Coord. Chem. Rev.* ۳۵۲ ۳۰۶–۲۷

[۱۰] Maleski K, Mochalin V N and Gogotsi Y ۲۰۱۷ Dispersions of Two Dimensional Titanium Carbide MXene in Organic Solvents Chem. Mater. ۲۹ ۱۶۳۲–۴۰)

[*۱۱*] Verger, L., et al., Overview of the synthesis of MXenes and otherultrathin ۲D transition metal carbides and nitrides. Current Opin-ion in Solid State and Materials Science, ۲۰۱۹. ۲۳(۳): p. ۱۴۹-۱۶۳.

[۱۲] Joel E. von T, Konstantin L. Firestein, Joseph F.S. Fernando, Chao Zh., The Effect of Ti۳AlC۲ MAX Phase Synthetic History on the Structure and Electrochemical Properties of Resultant Ti3C2 MXenes, *Materials & Design* , ۱۰۸۹۴۷ (۲۰۲۰).

[۱۳] Ren Chang E., Hatzell Kelsey B., Alhabeb M., Ling Zh., Mahmoud Khaled A., Gogotsi, Yury, Charge- and Size-Selective Ion Sieving Through Ti۳C۲Tx MXene Membranes, *Physical Chemistry Letters*, ۶: ۴۰۲۶–۴۰۳۱ (۲۰۱۵).

[۱۴] A. Shahzad, M. Nawaz, M. Moztahida, J. Jang, K. Tahir, J. Kim, , D. S. Lee, "Ti۳C۲Tx MXene core-shell spheres for ultrahigh removal of mercuric ions", Chem. Eng. J. ۳۶۸, ۴۰۰–۴۰۸, ۲۰۱۹.

[۱۵] O. Mashtalir, K. M. Cook, V. N. Mochalin, M. Crowe, M. W. Barsoum, Y. Gogotsi, "Dye adsorption and decomposition on two-dimensional titanium carbide in aqueous media", J. Mater. Chem. A, ۲, ۱۴۳۳۴–۱۴۳۳۸, ۲۰۱۴.

[۱۶]Lee E, Vahidmohammadi A, Prorok B C, Yoon Y S, Beidaghi M and Kim D J ۲۰۱۷ Room Temperature Gas Sensing of Two-Dimensional Titanium Carbide (MXene) *ACS Appl. Mater. Interfaces* ۹ ۳۷۱۸۴–۹۰

[۱۷] *Yizhou Wang, Tianchao Guo,* MXenes for Energy Harvesting,Advanced materials, *Adv. Mater.* ۲۰۲۲, *۳۴*, ۲۱۰۸۵۶۰, DOI: ۱۰.۱۰۰۲/adma.۲۰۲۱۰۸۵۶۰

بررسی نظریه تراوش

با استفاده از الگوریتم مارکوف درانتقال جریان الکتریکی

زهرا مختاری-دانشجو دکتری فیزیک ماده چگال الزهرا(س) Mokhtarizahra10@gmail.com

مدل نفوذ یا تراوش به‌عنوان یک روش ساده و مؤثر، برای مدل‌سازی محیط‌های تصادفی استفاده می‌شود[۱]. مفهوم آن به انتقال یا وقوع اتصال در سیستم‌هایی متشکل از هدایت‌کننده‌ها و عایق‌ها به صورت تصادفی اشاره دارد و ممکن است منجر به انتقال اطلاعات یا جریان شود[۲]. تصور کنید عناصر تصادفی در یک شبکه قرار دارند و بین برخی از آن‌ها اتصالاتی وجود دارد[۳]. جایگاه‌ها (مدل تراوش جایگاهی) یا پیوندها (مدل تراوش پیوندی) در شبکه به صورت تصادفی با احتمال p اشغال می‌شوند[۴]. اگر بین دو نقطه مشخص مسیری وجود داشته باشد که از یک نقطه به نقطه دیگر برسد، می‌گوییم که این دو نقطه متصل هستند. این اتصالات می‌توانند برای انتقال جریان الکتریکی، جریان مایع، انتقال بیماری یا انتقال پیام تلفن و... استفاده شوند. هدف از نظریه تراوش، بررسی احتمال اتصال بین این عناصر تصادفی است و تعیین این که آیا سیستم در حالتی به نام حالت تراوش است یا خیر. پارامتر آستانه‌ی تراوش (p_c) میزان احتمال مشخصی است که در آن سیستم دقیقاً در حد مرزی بین این دو حالت واقع می‌شود[۳].

حال به دنبال این موضوع در مقاله‌ای که با عنوان «بررسی آستانه تراوش جایگاهی در اتصالات نانولوله‌های کربنی (CNT) با استفاده از زنجیره مارکوف[۳۳]» در سال ۲۰۱۴ به چاپ رسید، از این مدل ریاضی برای شبیه سازی برقراری جریان الکتریکی در شبکه‌ای از نانولوله‌های کربنی با بهره‌مندی از الگوریتم مارکوف استفاده شد.

فرایند مارکوف یک فرایند تصادفی است که در آن احتمال حرکت از یک حالت به حالت دیگر تنها به حالت فعلی بستگی دارد و از حالت‌های گذشته مستقل است.

---

[۳۳] Markov Chain

از الگوریتم مارکوف برای بررسی نفوذ در الیاف (CNT) استفاده شده‌است، زیرا به‌طور موثر امکان ارزیابی احتمالاتی سفر الکترون از یک نقطه به نقطه دیگر در سیستم را فراهم می‌کند. این الگوریتم قادر است با استفاده از ضرب‌های ماتریسی-برداری مکرر، احتمال رسیدن الکترون از یک نقطه شروع مشخص به یک نقطه هدف را محاسبه کند. این روش از دقت و سرعت بالایی برخوردار است و امکان محاسبه تأثیر ویژگی‌های مختلف الیاف (CNT) بر تراوش را فراهم می‌کند. در نتیجه، الگوریتم مارکوف به عنوان یک روش مؤثر و کارآمد برای بررسی نفوذ در این مقاله انتخاب شده است[۵].

مدل شبکه برای الیاف (CNT)، با توجه به این که دوازده همسایه برای هر تک نانولوله درنظر گرفته شد، ساختار بلوری مکعبی متمرکز (FCC) معرفی شده‌است. در این مدل، هر سایت یا مکان در شبکه متناظر با یک نانولوله کربنی است.

در انتها محققان این پژوهش، آستانه تراوش را برای الیافCNT)) در حدود ۰/۰۰۱۳ ± ۰/۱۵۳۳ محاسبه کردند که ۰/۱۹۹ کمتر از شبکه¬ی (FCC) معمولی است، به این معنی که استفاده از نانولوله¬های کربنی انتقال جریان الکتریکی را بهبود می¬بخشد و میزان کمتری از شبکه را درگیر می¬کند[۵].

منـــــابع

1. Grimmett, G. and G. Grimmett, What is percolation? 1999: Springer.

2.Kirkpatrick, S., Percolation and conduction. Reviews of modern physics, 1973. 45(4): p. 574.

3.Essam, J.W., Percolation theory. Reports on progress in physics, 1980. 43(7): p. 833.

۴.فشـانجردی و صـابری, گـذار تـراوش بـرای ولگشـت تصـادفی بـا حرکت‌هـای غیـر موضـعی. مجلهٔ پژوهش فیزیک ایران, ۲۰۲۱. ۲۱(۳): ص .۴۸۹-۴۹۴.

5.Xu, F., Z. Xu, and B.I. Yakobson, Site-percolation threshold of carbon nanotube fibers—Fast inspection of percolation with Markov stochastic theory. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2014. 407: p. 341-349

بیست و نهمین مدرسه آموزش ویژه‌ی فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان برگزار شد.

معصومه محمدی-دانشجوی کارشناسی فیزیک-دانشگاه الزهرا(س) m.mohammadi@student.alzahra.ac.ir
صبا الهیاری-دانشجوی کارشناسی فیزیک -دانشگاه الزهرا(س)

از سال ۱۳۷۱ که دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، توسط دکتر یوسف ثبوتی و دکتر محمدرضا خواجه‌پور تاسیس شد، ۳۲ سال می‌گذرد.
یکی از مهم‌ترین برنامه‌هایی که از همان سال‌های ابتدایی فعالیت این دانشگاه برگزار شد و تداوم یافت «مدرسه تابستانه آموزش ویژه فیزیک» بود، که نخستین دوره آن در تیر ماه سال ۱۳۷۳ با حضور ۱۶ دانشجوی نخبه از سراسر کشور برگزار شد و تا امروز که شاهد برگزاری بیست و نهمین دوره آن (۱۷ الی ۲۱ شهریور ۱۴۰۳) بودیم، ادامه داشته است.[۳۴]

مدرسه تابستانه فیزیک شامل برنامه‌های مفید و متنوع زیادی از جمله سمینارهای مرتبط با گرایش‌های مختلف فیزیک با ارائه اساتید باتجربه آن زمینه، بازدید از آزمایشگاه‌های پژوهشی و تخصصی دانشکده فیزیک و آشنایی با فعالیت‌های آن‌ها، روز ارائه پوستر دانشجویان دکتری و توضیحات آن‌ها در رابطه با کار پژوهشی خود و ... است. در کنار این برنامه‌های آموزشی و پژوهشی برنامه‌های تفریحی متنوعی از جمله بازدید از مراکز تاریخی استان زنجان، برنامه شب رصدی و ... نیز انجام می‌شود.

[۳۴] https://iasbs.ac.ir/phys-school/۲۹/

در حاشیه برگزاری بیست و نهمین دوره این مدرسه، فرصتی دست داد تا با «خانم دکتر ناهید عظیمی»، عضو هیئت علمی و رئیس دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، مصاحبت و گفت و گویی داشته باشیم. لطفا با ما در این گفت و گو همراه باشید.

• خانم دکتر عظیمی، سلام. خیلی ممنون از شما که دعوت ما را برای گفت و گو قبول کردید. امیدواریم گفت و گوی خوبی شکل بگیرد. در ابتدای مصاحبه لطفا کمی از خودتان برایمان بگویید. از مسیری که در فیزیک طی کردید و چگونه این مسیر به اینجا رسید؟

سلام، ممنون از شما. من سال ۷۷ کنکور دادم و فیزیک دانشگاه تهران قبول شدم. سال ۸۱ برای کارشناسی ارشد آمدم دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان و زیر نظر دکتر خواجه پور کار کردم. برای دوره دکتری سال ۸۳ وارد دانشگاه صنعتی شریف شدم و در گروه دکتر روحانی و زیر نظر دکتر سامان مقیمی کار کردم. پروژه دکتری‌ام مرتبط با فیزیک آماری، پدیده‌های بحرانی و دینامیک تپه‌شنی بود.
سال ۸۸ فارغ التحصیل شدم و برای دوره پسادکتری به کشور پرتغال و دانشگاه اویرو رفتم. در آن‌جا یک گروه معتبر و شناخته شده در زمینه سیستم‌های پیچیده و به طور خاص شبکه های پیچیده وجود دارد و من هم به آن گروه ملحق شدم. بعد از سه سال و در سال ۹۲ به عنوان عضو هیات علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان کارم را شروع کردم. ۱۱ سال است که عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک این دانشگاه هستم و در گرایش سیستم‌های پیچیده؛ و بیش‌تر روی شبکه‌های پیچیده، فرآیندهای انتشار، پدیده های بحرانی، نظریه بازی و ... کار می‌کنم.

• خانم دکتر فکر می‌کنم گرایش سیستم‌های پیچیده در سال‌هایی که شما آن را انتخاب کردید، گرایش نوپایی بود و هنوز در کشور ما و خیلی از کشورهای دیگر شناخته شده نبود. درسته؟

دقیقا. سالی که من برگشتم ایران،گرایش سیستم‌های پیچیده خیلی فراگیر نشده بود و فکر می‌کنم تعداد خیلی کمی از دانشگاه‌ها گروه سیستم‌های پیچیده را داشتند، مثل دانشگاه شریف. به طور خاص موضوع شبکه‌های پیچیده به دلیل بین رشته‌ای بودن در حال گسترش است. گروه سیستم‌های پیچیده در این دانشکده الان با ۶ عضو هیئت علمی فعالیت می‌کند.

• شما تحصیلات‌تان را در دانشگاه‌های مختلفی گذرانده‌اید، خودتان مهم‌ترین تفاوت‌های دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان را با سایر دانشگاه‌های کشور در چه چیزی می‌دانید؟

من تحصیلات‌ام را در دانشگاه‌های معتبر و شناخته شده کشور گذرانده‌ام، اما دوره ارشدم که در این‌جا تمام شد و وارد دانشگاه شریف شدم، متوجه تفاوت‌های این دانشگاه با دانشگاه‌های دیگر شدم. مثلا یکی از چیزهایی که اینجا وجود داشت این بود که این‌جا اصلا محدودیت زمانی وجود نداشت، یعنی دانشجوها می‌توانستند ۲۴ ساعته در محیط دانشگاه باشند و درس بخوانند و کارشان را انجام دهند. ما بعضی مواقع که کارمان در سایت طول می‌کشید شب را در سایت می‌ماندیم، یا در طول روز اکثرا در خود دانشگاه بودیم و کارمان را انجام می‌دادیم. در حالی که در شریف یا دانشگاه‌های دیگر تهران می‌دیدم که عصر که می‌شد به نوعی انگار دانشگاه تعطیل می‌شد. شاید بتوان گفت زمانی که برای ترافیک و حمل و نقل در تهران بود اینجا وجود نداشت.

نکته دیگر آرامشی است که در اینا وجود دارد و اساتید و دانشجویان به دور از شلوغی و حواشی دانشگاه‌های بزرگ بر روی کار پژوهشی خود تمرکز دارند.

این‌جا در مقایسه با خیلی از دانشگاه‌های تهران، جمعیت کمتری دارد و چون اغلب هم غیر بومی و دور از خانواده هستیم، یکدیگر را مثل خانواده خود می‌دانیم.

• کمی درباره خود دانشکده فیزیک صحبت کنیم. در حال حاضر در این دانشکده چه مقاطعی وجود دارند و در کدام گرایش‌ها فعالیت می‌کنند؟

گرایش‌هایی که الان در دانشکده ما فعالیت می‌کنند شامل اپتیک و لیزر و فوتونیک، ماده چگال (شامل مواد کوانتومی، ماده چگال نرم و سیستم‌های پیچیده) و اختر فیزیک و کیهان شناسی است.

ما مقطع‌های مختلفی داریم. یک مقطع دکتری پیوسته که دانشجویان دوره را در ۹ سال تمام می‌کنند. در واقع دوره‌ی تقریبا فشرده‌ای است که بعد از اتمام آن دانشجویان مدرک دکتری می‌گیرند.

مقطع دکتری مستقیم داریم که دانشجویان بعد از لیسانس پذیرش می‌شوند و بعد از گذراندن دوره آموزشی یک ساله وارد مرحله پژوهش می‌شود.

علاوه بر این مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری ناپیوسته هم داریم.

همچنین چند سالی است که پذیرش دانشجویان بین الملل هم داریم، که بیش‌تر از کشور افغانستان ورودی داشتیم و قرار است از کشورهای دیگر هم پذیرش داشته باشیم.

• مهم‌ترین موضوعات پژوهشی تجربی و تئوری که در این دانشگاه روی آن‌ها کار می‌شود چه موضوعاتی هستند؟

در بخش تجربی و آزمایشگاهی تعداد زیادی آزمایشگاه پیشرفته در سطح بالای بین المللی داریم در بخش اپتیک و لیزر و فوتونیک که روی موضوعات مهم و روز این حوزه کار می‌شود و مقالات بسیار معتبری به چاپ می‌رسد.

در زیر گروه ماده چگال و نانوفیزیک آزمایشگاه مواد و الکترونیک هم بسیار پیشرفته است و روی موضوعات روز این زمینه کار می‌کنند. همچنین باید بگویم امسال ما مقطع ارشد رشته نانوفیزیک هم پذیرش داشتیم.

در گرایش سیستم‌های پیچیده هم چون روی موضوعات بین رشته‌ای و کاربردی زیاد کار می‌شود، دانشجویان به آن علاقه زیادی نشان می دهند. به ویژه از مباحثی مانند نوروساینس و ماشین لرنینگ و تحلیل داده زیاد استقبال می شود. من خودم بیشتر روی سیستم‌های اجتماعی کار می‌کنم، مثلا در دوران کرونا یکسری مدلسازی‌هایی در این زمینه انجام دادیم. و چون بیشتر کاربردی است افراد تمایل به کار روی این موضوعات هم دارند. در گروه اختر فیزیک و کیهان شناسی نیز تیم دکتر حقی و سایر همکاران هم روی موضوعات مهم این حوزه کار می‌کنند. تقریبا می‌توانم بگویم کارهایی که ما در همه گرایش‌ها انجام می‌دهیم حداقل در سطح کشور کارهایی در سطح بسیار بالا هستند. در سطح بین المللی هم مقالات خوبی به چاپ می‌رسد.

• با اجازه‌تان برویم سراغ مدرسه تابستانه فیزیک. بیست و نه دوره هست که این مدرسه برگزار می‌شود، کمی از تاریخچه برگزاری آن برایمان بگویید.

خب من که در سال‌های اولی که مدرسه برگزار می‌شد نبودم. اما از سال ۷۱ دانشگاه تاسیس شده و از سال ۷۳ این مدرسه برگزار شده است. سال‌های اول توسط دکتر خواجه پور برگزار می‌شد و گویا در سال‌های اول تعداد کم بوده و بیش‌تر با دانشجوهای خود دانشگاه (که در آن زمان مرکز بود نه دانشگاه) برگزار می‌شد. دو هفته‌ای بود و بیش‌تر جنبه آموزشی داشت و یکسری چیزها تدریس می‌شد. به مرور تغییراتی کرده، کوتاه‌تر شده و به یک هفته کاهش یافته است، همینطور کمی جنبه پژوهشی هم پیدا کرده است.

هدف بیش‌تر این است که دانشجویان سال آخر لیسانس با گرایش‌های مختلف فیزیک و زمینه‌های پژوهشی مختلف در آن آشنا شوند.

مدرسه فقط یک دوره در سال ۹۹ به خاطر همه‌گیری کرونا و یک دوره هم در سال‌های دور برگزار نشده است. به غیر از این دو دوره، از سال ۷۳ تا امروز که بیست و نهمین دوره‌اش در حال برگزاری است، این مدرسه برگزار شده است. امسال هم که ما از دکتر خواجه پور تقدیم کردیم، علتش این است که به نوعی ایشان پایه گذار این مدرسه بوده‌اند.

نکته دیگری هم که وجود دارد این است که تعداد زیادی از دانشجویان ارشد که این دانشگاه را برای ادامه تحصیل خود انتخاب می‌کنند، دلیل آشنایی و انتخاب‌شان را حضور و شرکت در مدرسه تابستانه می‌دانند. یعنی یکی دیگر از اهداف برگزاری مدرسه آشنایی دانشجویان با این دانشگاه، اساتید و زمینه‌هایی که فعالیت می‌کند است.اکثر اساتیدی هم که ما در دوره‌های مختلف مدرسه سمینار ارائه می‌کنند، در دوران دانشجویی‌شان تجربه و خاطره شرکت در دوره‌های قبلی مدرسه تابستانه را داشته‌اند.

- چه دلیلی باعث شده که این مدرسه بتواند تا ۲۹ دوره تداوم داشته باشه و همچنان مورد استقبال قرار بگیرد و در سطح بالایی برگزار شود؟

شاید دلیلش این باشد که این مدرسه برای ما جدی است. برایمان مهم است که مدرسه با چه کیفیتی برگزار می‌شود. هدف‌مان فقط برگزار کردن مدرسه، معرفی دانشگاه و جذب دانشجو نیست و کیفیت مدرسه و اینکه دانشجوها در این یک هفته دستاوردی داشته باشند و چیزهایی را یاد بگیرند و مدرسه برایشان مفید باشد، خیلی برای ما اهمیت دارد. سعی می‌کنیم برنامه‌های جانبی و تفریحی هم در مدرسه بگذاریم که خاطره خوبی در ذهن شرکت کننده‌ها به جا بماند.

هر سال که مدرسه تمام می‌شود، تقریبا بلافاصله برنامه ریزی برای برگزاری مدرسه سال بعد شروع می‌شود. روی اینکه چه اساتیدی دعوت شوند، چه موضوعات و برنامه‌هایی داشته باشیم، بخش مالی و اسپانسر چگونه و به چه شکلی باشد و ... خیلی فکر می‌کنیم و وقت می‌گذاریم.

فکر می‌کنم اگر برای یک کاری به اندازه کافی وقت گذاشته شود و برنامه ریزی شود، هم کیفیت خوبی خواهد داشت و هم انگیزه‌ای ایجاد خواهد شد برای ادامه و تداوم آن.

- فکر می‌کنید این مدرسه چقدر می‌توانند در مسیر علمی و پژوهشی یک دانشجو تاثیرگذار باشد؟

دانشجوها بهتر می‌توانند به این سوال پاسخ دهند، چون به هر حال آن‌ها یک تاثیری می‌پذیرند. اما فکر می‌کنم وقتی در این مدرسه‌ها با گرایش‌ها آشنا می‌شوند و حتی یک چیزی به گوش‌شان می‌خورد، می‌تواند در شکل گیری علاقه‌شان و انتخاب گرایش و مسیر علمی آن‌ها تاثیر گذار باشد و باعث می‌شود در این مورد بهتر تصمیم بگیرند؛ یا با معرفی رفرنس‌هایی که می‌شود دانشجو می‌تواند بیش‌تر تحقیق کند و ببیند به کدام گرایش علاقه بیش‌تری دارد.

مثلا با بعضی از گرایش‌ها مثل نجوم اغلب دانشجوها آشنایی دارند اما خیلی از دانشجوها می‌گویند که اصلا نمی‌دانند گرایش سیستم‌های پیچیده چیست. در این مدرسه‌ها و جمع‌ها دانشجوها می‌توانند با گرایش‌های نوپا مثل سیستم‌های پیچیده نیز بیشتر آشنا شوند. گاهی هم دانشجوها فکر می‌کنند یک گرایش را کامل

شناخته‌اند و به آن علاقه دارند، اما با شرکت در این مدرسه‌ها متوجه می‌شوند شناخت کافی درمورد آن نداشته‌اند و علاقه‌شان گرایش دیگری است.

- نحوه انتخاب موضوعات سمینارها و اساتید و سخنرانان هر ساله به چه صورت است؟

سعی می‌کنیم موضوعات همه گرایش‌ها را پوشش دهد و توزیع همگنی بین گرایش‌های مختلف وجود داشته باشد. اکثر اساتید هم چون تمایل به حضور در این مدرسه را دارند اعلام آمادگی می‌کنند.

بیش‌تر افرادی برای ارائه سمینار و سخنرانی انتخاب می‌شوند که در آموزش قوی‌تر هستند و تجربه بیش‌تری هم دارند. همچنین سعی می‌کنیم از تجربه اساتید پیشکسوت مثل خود دکتر ثبوتی بهره‌مند شویم.

- دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان علاوه بر مدرسه تابستانه آموزش فیزیک، برنامه‌های سالیانه دیگری از جمله گردهمایی سالانه فیزیک ماده چگال و گردهمایی پژوهشی نجوم ایران را نیز برگزار می‌کند. لطفا کمی هم در مورد این برنامه‌ها توضیح دهید.

گردهمایی ماده چگال و نجوم هم از قدیمی‌ترین برنامه‌های دانشکده فیزیک هستند و به جز سال ۹۹ که به دلیل همه گیری کرونا برگزار نشد، هر ساله برگزار شده‌اند.

امسال بیست و نهمین گردهمایی سالانه فیزیک ماده چگال و بیست و ششمین گردهمایی پژوهشی نجوم ایران را برگزار کردیم. گردهمایی سالانه فیزیک ماده چگال از برنامه‌های مهم نه تنها دانشکده فیزیک بلکه دانشگاه است، چون تعداد زیادی شرکت کننده داریم و به نوعی اعتبار دانشکده به حساب می‌آید. سال‌های قبل سخنرانان خارجی هم دعوت می‌کردیم ولی در سال‌های اخیر نشد که خیلی از سخنرانان خارجی استفاده کنیم. کیفیت این برنامه‌ها در مقایسه با همایش‌هایی که در ایران برگزار می‌شوند در سطح بالایی قرار دارد. گردهمایی ماده چگال معمولا یک روز و نصفی است و گردهمایی نجوم هم در سال‌های اخیر با توجه به تعداد زیاد سخنرانی‌ها در دو روز و نیم برگزار شده است.

پی نوشت: از خانم دکتر عظیمی به خاطر وقت و حوصله‌ای که برای این گفت و گو گذاشتند صمیمانه تشکر می‌کنیم. همچنین از آقای دکتر محمد دهقان‌نیری، عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان و دبیر اجرایی بیست و نهمین مدرسه آموزش فیزیک، بسیار سپاسگزاریم که هماهنگی‌های لازم برای این مصاحبه را انجام دادند.

بررسی سیگنال‌های عصبی مرتبط با صرع

پریسا دانشجوی دکتری فیزیک ماده چگال دانشگاه الزهرا(س)
Paris.sadat.nouri77@gmail.com

در این پروژه، سیگنال‌های عصبی مرتبط با صرع را بررسی کرده‌ایم. هدف ما تحلیل و تشخیص سیگنال‌هایی بود که با حملات صرع ارتباط دارند. برای این منظور، از مجموعه‌ای از کلیپ‌های سیگنال عصبی که از داوطلبان و بیماران دریافت شده بود، استفاده کردیم.

در اینجا، رابطه‌های مغز-ماشین (BMI)، که پیوندی بین مغز و اجزای هدف را برقرار می‌کنند، مورد بررسی قرار گرفته است. BMIها امیدهای تازه‌ای برای درمان بیماری‌های مغزی مانند صرع و پارکینسون به همراه دارند. این سیستم‌ها با استفاده از سیگنال‌های الکتریکی مغزی، آن‌ها را به دستورات کنترلی برای اجزای هدف تبدیل می‌کنند. BMIها معمولاً از مدارهای پردازش سیگنال مبتنی بر فناوری CMOS[۳۵] بهره می‌برند اما طراحی این سیستم‌ها همچنان با چالش‌هایی روبه‌رو است. در آینده، احتمال استفاده از ممریستورها[۳۶] در این سیستم‌ها وجود دارد. ممریستورها با شبیه‌سازی رفتار نورون‌ها در مغز، می‌توانند به عنوان حافظه و پردازشگرهای سیگنال‌های آنالوگ عمل کنند. این دستگاه‌ها با قابلیت پردازش سریع و مقیاس‌پذیری بالا، می‌توانند در سیستم‌های BMI برای پردازش سیگنال‌های عصبی به کار گرفته شوند.

در این مقاله، طراحی یک سیستم تجزیه‌ی سیگنال عصبی مبتنی بر آرایه‌ی ممریستور معرفی شده است. این سیستم از آرایه‌ی ممریستور برای ترجمه‌ی سیگنال‌های عصبی به دستورات کنترلی استفاده می‌کند. آرایه‌ی ممریستور به دلیل رفتار سوئیچینگ آنالوگ خود قادر به انجام محاسبات آنالوگ موازی است و از مزایای پردازش موازی و کارایی بالا در محاسبات آنالوگ بهره‌مند می‌شود. سیستم پیشنهادی شامل یک فیلتر FIR[۳۷] مبتنی بر ممریستور برای پیش‌پردازش سیگنال و یک شبکه‌ی عصبی تک لایه‌ی پرسپترون[۳۸] مبتنی بر ممریستور برای دیکدینگ است. این سیستم به عنوان نمونه‌ای برای شناسایی وضعیت‌های مغزی مرتبط با صرع ارائه شده است. اطلاعات فرکانسی موجود در سیگنال‌های عصبی می‌تواند به تشخیص وضعیت‌های مختلف مغز کمک کند. به این منظور، از باندهای فرکانسی مختلف مانند دلتا، تتا، آلفا و بتا استفاده می‌شود. با استفاده از فیلترهای FIR و ممریستورها، سیگنال‌های عصبی ورودی به این باندهای فرکانسی فیلتر می‌شوند. سپس، نشانگرهای بیولوژیکی مانندِ دامنه و انرژی موج در هر باند فرکانسی استخراج شده و به شبکه

---

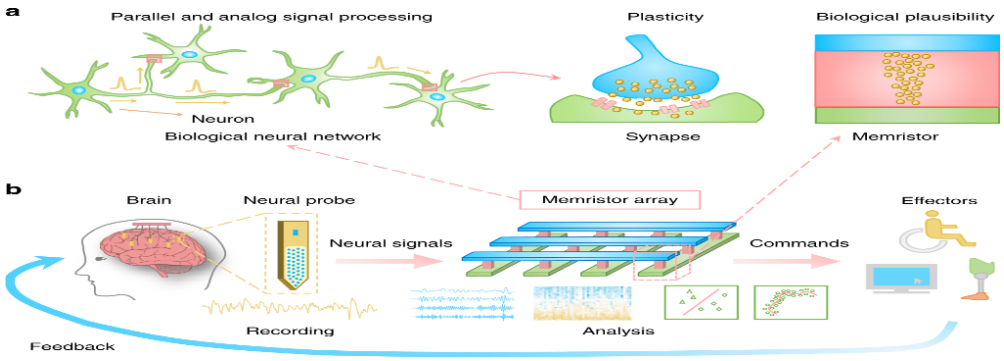
[۳۵] فلز-اکسید-نیمه هادی

[۳۶] Memristor : ممریستور یا مقاومت حافظه‌دار از المان‌های دو پایانه‌ای مدارها هستند. https://fa.wikipedia.org/wiki/Memristor

[۳۷] Finite Impulse Response (FIR) filter : فیلتر با پاسخ ضربه محدود، فیلتری است که اگر به ورودی آن تابع ضربه اعمال شود، خروجی پس از شماری محدود از نمونه‌ها صفر می‌شود؛ یعنی خروجی در اثر ورودی ضربه فقط برای مدت زمانی محدود مقادیر غیر صفر دارد. https://en.wikipedia.org/wiki/Finite_impulse_response

[۳۸] https://raahbord.com/perceptron-neural-network

عصبی پرسپترون داده می‌شوند تا وضعیت مغزی مرتبط با صرع را تشخیص دهد. این شبکه عصبی نیز با استفاده از ممریستورها پیاده‌سازی شده است.
دستگاه‌های ممریستور آنالوگ برای فیلتر کردن و شناسایی سیگنال‌های عصبی با دقت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای این منظور، از ممریستورهایی با رفتار سوئیچینگ آنالوگ و خطی جریان-ولتاژ (I-V) استفاده می‌شود. آرایه‌ای از ممریستورها در ساختار سلول یک ترانزیستور-یک مقاومت (1T 1R) به کار گرفته شده است. دستگاه ممریستور ویژگی سوئیچینگ آنالوگ دو جهته‌ای دارد که امکان تنظیم پیوسته رسانایی دستگاه را در فرآیندهای تنظیم و تنظیم مجدد فراهم می‌کند. این ویژگی به ما اجازه می‌دهد تا ضرایب فیلتر را با دقت تنظیم کرده و به راحتی فرکانس‌های بالا و پایین فیلتر را تغییر دهیم. علاوه بر این، رفتار خطی مناسبی در منحنی I-V برای حالت‌های مختلف رسانایی مشاهده شده است. این خطی ماندن تضمین می‌کند که ممریستورها در ولتاژهای مختلف رفتار یکنواختی داشته باشند و از بروز خطا در نتایج پردازش جلوگیری شود. همچنین، این ویژگی به ما اجازه می‌دهد که از ولتاژهای آنالوگ به‌طور مستقیم به‌عنوان ورودی استفاده کنیم، بدون اینکه نیازی به تبدیل سیگنال‌های عصبی به ولتاژهای دیجیتال باشد.



شکل ۱: سیستم تحلیل سیگنال عصبی مبتنی بر ممریستور برای رابط‌های مغز و ماشین (BMI). دلیل استفاده از ممریستورها در تحلیل سیگنال عصبی این است که ممریستورها شباهت زیادی به سیناپس‌های[۳۹] بیولوژیکی دارند؛ زیرا هر دو از طریق حرکات یونی، انعطاف‌پذیری سیناپسی (تغییر حالت فعلی خود) را نشان می‌دهند و توانایی پردازش سیگنال‌های آنالوگ را به طور مستقیم مانند نورون‌ها و سیناپس‌ها دارند. همچنین، آرایه‌های ممریستوری امکان پردازش موازی سیگنال‌ها را فراهم می‌کنند، که این یکی از کلیدی‌ترین ویژگی‌های مغز است. بخش b نمودار مفهوم BMI آینده را نشان می‌دهد که سیستم تحلیل سیگنال عصبی مبتنی بر ممریستور را ادغام کرده است. فعالیت‌های عصبی ثبت‌شده توسط پروب‌های عصبی از طریق آرایه‌ی ممریستور تجزیه و تحلیل می‌شوند تا دستورات مورد نیاز برای تاثیرگذاران در کاربردهای مختلف BMI به دست آید.

[۳۹] Synapse : سیناپس یا همایه یک ساختار زیستی در پایانه‌ی همه آکسون‌ها است که از راه آن یک سلول عصبی پیام خود را به دندریت، جسم سلولی یا آکسون یک یاخته‌ی عصبی دیگر یا سلولی ماهیچه‌ای یا یک غده می‌فرستد. توضیحات بیشتر

ممریستورها به عنوان عناصر حافظه‌ای غیر فرار در آرایه‌ها استفاده شده‌اند و نقش مهمی در پیاده‌سازی فیلتر FIR با دقت بالا دارند. در این تحقیق، نتایج به‌دست‌آمده از عملیات فیلترکردن با مقادیر پیش‌بینی شده مقایسه و مشاهده شد که تطابق خوبی بین این نتایج وجود دارد. همچنین سیگنال‌های عصبی در شرایط نرمال، بین حمله‌ها و در زمان حمله صرع فیلتر شده و نتایج حاصل با نتایج به دست آمده از روش‌های نرم‌افزاری مقایسه شده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این نتایج آزمایشگاهی و نرم‌افزاری به خوبی با یکدیگر هماهنگ هستند، اگرچه تفاوت‌هایی نیز مشاهده شده است که این تفاوت‌ها عمدتاً به دلیل خصوصیات غیرایده‌آل دستگاه‌های سخت‌افزاری است. با این حال، میانگین خطا و انحراف معیار این نتایج در محدوده‌ی کوچکی قرار دارد، به‌طوری‌که سیگنال‌های فیلتر شده همچنان اطلاعات کافی از سیگنال‌های عصبی ورودی را حفظ می‌کنند و برای تشخیص دقیق وضعیت مغز مفید هستند.

در این تحقیق، روشی نوین برای شناسایی وضعیت‌های مغزی با استفاده از سیگنال‌های فیلتر شده مورد بررسی قرار گرفته است. این ایده با بهره‌گیری از یک شبکه عصبی پرسپترونِ تک‌لایه با ۲۱ نورون ورودی و خروجی در یک آرایه‌ی ممریستور، مورد بررسی قرار گرفته است. بردارهای ویژگی از سیگنال‌های فیلتر شده به کمک نرم‌افزار و ممریستور استخراج و به عنوان ورودی به شبکه عصبی داده می‌شوند. دقت شناسایی در دو حالت با استفاده از وزن‌های آموزش داده شده توسط نرم‌افزار (.S.S) و وزن‌های آموزش داده شده توسط ممریستور (.M.S) مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد ممریستور با نرم‌افزار برابری می‌کند و اطلاعات لازم برای شناسایی دقیق را حفظ می‌کند. در مقابل، عملکرد با استفاده از وزن‌های تجربی ممریستور (.M.M) کمی کاهش یافته که این امر ممکن است به دلیل خصوصیات غیرایده‌آل دستگاه ممریستور باشد. با این حال، استفاده از یک شبکه عصبی بزرگ‌تر یا به‌کارگیری استراتژی‌های آموزشی جدید، می‌تواند این مشکل را برطرف کند.

در این سیستم، تأثیر نویز نیز ارزیابی و عملکرد آن با ممریستور مقایسه شده است. ضرایب فیلتر و وزن‌های سیناپسی توسط راندمان دستگاه ممریستور مدل‌سازی شده‌اند و اثرات نویز، مانند تغییرات راندمان، در نتایج فیلتر شده و طبقه‌بندی مورد توجه قرار گرفته‌اند. سیگنال‌های عصبی استفاده شده در این پژوهش از مجموعه داده‌های مربوط به بیماران مبتلا به صرع استخراج شده‌اند و نتایج نشان داده که سیستم مبتنی بر ممریستور در حضور عوامل غیرایده‌آل و در برابر نویزهای مختلف در اجرای سخت‌افزاری، از کارایی بالایی برخوردار است.

علاوه بر دقت بالا، سیستم مبتنی بر ممریستور، یک پلتفرم جذاب برای طراحی سیستم‌های تجزیه سیگنال عصبی با مصرف انرژی کم و کارایی بالا ارائه می‌دهد. این سیستم نسبت به فناوری‌های پیشرفته مبتنی بر CMOS توان بهره‌وری بالاتری دارد. دلیل این مزیت آن است که سیگنال‌های عصبی آنالوگ می‌توانند مستقیماً، بدون نیاز به تبدیل و فشرده‌سازی، در آرایه‌های ممریستور پردازش شوند. همچنین، قابلیت محاسباتی در حافظه ممریستور زمان و انرژی مورد نیاز را به حداقل می‌رساند. این ویژگی‌های منحصر به فرد، آرایه‌های ممریستور را به گزینه‌ای ایده‌آل برای تجزیه سیگنال‌های عصبی آنالوگ با ظرفیت بالا در BMIهای کاملاً کاشت‌شده تبدیل می‌کند.

این تحقیق، یک سیستم تجزیه‌ی سیگنال عصبی مبتنی بر ممریستور با کارایی بالا را برای برنامه‌های BMI آینده پیشنهاد می‌دهد. این سیستم از آرایه‌های ممریستور برای پیاده‌سازی فیلترها و شبکه‌های عصبی استفاده می‌کند تا سیگنال‌های عصبی مرتبط با صرع و وضعیت مغز را فیلتر و شناسایی کند. همچنین با دقتی در حدود ٪۹۳/۴۶ و تقریباً ۴۰۰ برابر بهره‌وری توان بیشتر نسبت به سیستم‌های CMOS پیشرفته، این سیستم عملکرد چشمگیری از خود نشان داده است. نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن است که سیستم مبتنی بر ممریستور می‌تواند محاسبات با مصرف انرژی کم و بهره‌وری بالا را در تجزیه سیگنال‌های عصبی برای BMIهای نسل آینده که قادر به پردازش میلیون‌ها نقطه عصبی هستند، فراهم کند. در آینده، ساخت نمونه‌های کاملاً کاشت‌شده BMI با یکپارچه‌سازی واحدهای تجزیه سیگنال مبتنی بر ممریستور با سنسورهای عصبی پیشرفته ضروری خواهد بود.

خلاصه و جمع بندی

در این پروژه، سیگنال‌های عصبی مرتبط با صرع با استفاده از فناوری ممریستور مورد بررسی قرار گرفت. از ۱۰۰ کلیپ سیگنال عصبی برای هر کلاس استفاده شد که این سیگنال‌ها به پالس‌های ولتاژ تبدیل و بر روی آرایه‌ی ممریستورها اعمال شدند. برای این منظور، از یک سلول 1T 1R که شامل یک ترانزیستور[۳] NMOS است، استفاده شد و سپس آرایه ممریستور به عنوان فیلتر برای پردازش سیگنال‌ها به کار گرفته شد. در نهایت، از یک شبکه عصبی مبتنی بر ممریستور برای تشخیص حملات صرع استفاده شد. این مجموعه داده شامل ۱۸۰۰ نمونه است که بخشی از آن به عنوان مجموعه‌ی آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت.

در این تحقیق، روش‌هایی برای تشخیص و تحلیل سیگنال‌های عصبی مرتبط با صرع با بهره‌گیری از آرایه ممریستور و شبکه عصبی مبتنی بر آن بررسی شد.

نتایج نشان می‌دهد که این روش می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای تشخیص صرع مورد استفاده قرار گیرد. با ادامه‌ی تحقیقات و بهبود روش‌های موجود، امید است که این فناوری بهبود یافته و در تشخیص و مدیریت صرع نقش موثرتری ایفا کند.

بر اساس نتایج این پروژه، پیشنهاد می‌شود تحقیقات بیشتری در زمینه‌ی استفاده از شبکه‌های عصبی مبتنی بر ممریستور برای تشخیص صرع انجام شود. همچنین، ارزیابی دقیق‌تری در مورد دقت و کاربرد عملی این روش در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی صورت گیرد. علاوه بر این، بهبودهایی در فرآیند استخراج سیگنال و استفاده از فیلترهای ممریستوری پیشنهاد می‌شود تا دقت و عملکرد سیستم ارتقاء یابد.

یکی از محدودیت‌های این پروژه این بود که تنها سیگنال‌های مرتبط با حملات صرع مورد بررسی قرار گرفت و سایر انواع صرع در نظر گرفته نشدند. همچنین، ممکن است دقت تشخیص در برخی موارد نیاز به بهبود داشته باشد و برای استفاده عملی در محیط‌های بالینی، نیاز به تست و ارزیابی بیشتری احساس شود.

منـــــابع

Liu, Zhengwu, et al. "Neural signal analysis with memristor arrays towards high-efficiency brain–machine interfaces." *Nature communications* ۱۱.۱ (۲۰۲۰): ۴۲۳۴.

لینک مقالـــــــــــــــه

فیزیک ماده چگال

پل میان علم و فناوری‌های نوین

دیدگاه دانشجویان دکتری ماده چگال دانشگاه الزهرا(س)
سمانه میرزایی - samanemirzaeiliyavali@gmail.com
زهرا مختاری-Mokhtarizahra10@gmail.com

تاریخچه:

«فیزیک گرایش حالت جامد» یکی از زیرشاخه‌های فیزیک است که به مطالعه‌ی خواص و رفتار مواد جامد می‌پردازد. این حوزه شامل بررسی ویژگی‌های فیزیکی همچون رسانایی الکتریکی، هدایت حرارتی، خواص مغناطیسی، خواص نوری، ساختار داخلی و خواص مکانیکی مواد جامد است. این گرایش یکی از پرکاربردترین شاخه‌های فیزیک به شمار می‌آید و خواص مکانیکی و الکتریکی مواد را در فازهای مختلف و تحت شرایط گوناگون بررسی می‌کند. در فیزیک حالت جامد، تمرکز اصلی بر رفتار مواد در حالت‌های جامد مانند فلزات، نیمه‌هادی‌ها، سرامیک‌ها و پلیمرها است. این حوزه بر پایه‌ی اصول فیزیک کلاسیک و کوانتومی توسعه یافته و تاریخچه‌ای طولانی و پیچیده دارد. فیزیک حالت جامد از اوایل دوران مدرن فیزیک تا به امروز به‌طور گسترده‌ای پیشرفت کرده است.

از ابتدا تا اواسط قرن نوزدهم، توجه به خواص مواد جامد عمدتاً از طریق کارهای تجربی صورت می‌گرفت. مشاهدات اولیه در مورد اثرات مغناطیسی، الکتریکی و حرارتی مواد جامد اهمیت زیادی داشت. با پیشرفت‌های نظری در قرن نوزدهم و توسعه نظریه‌هایی مانند الکترودینامیک و نظریه‌ی جنبش مولکولی، درک ما از

خواص مواد جامد افزایش یافت. در این دوره، مدل‌هایی برای توصیف خواص مغناطیسی و الکتریکی مواد جامد توسعه پیدا کرد.
با ظهور فیزیک کوانتومی در قرن بیستم، فهم ما از خواص مواد جامد به‌طور چشمگیری تغییر کرد. مفاهیمی مانند باندبندی الکترونی، اثر تونل‌زنی، و موضوعاتی مانند فرآیندهای سطحی و فازی مورد بررسی قرار گرفتند. دوره‌ی مدرن فیزیک جامد، از دهه ۱۹۳۰ به بعد، با توسعه نظریه‌های جدید در فیزیک کوانتومی، درک ما را از خواص مواد جامد عمیق‌تر کرد. این گرایش، با پیشرفت‌های نظری و فناوری‌های تجربی جدید، به یکی از پررونق‌ترین و پویاترین حوزه‌های فیزیک تبدیل شد.
در ابتدا، تمرکز اصلی این حوزه بر خواص الکتریکی و مغناطیسی مواد جامد بود. اولین گام‌های مهم با کارهای فیزیکدانانی چون آلبرت اینشتین، نیلز بور و ارنست شرودینگر برداشته شد. سپس ارائه مدل‌هایی مانند مدل اسپین و مدل گینزبرگ-لانداو، توصیف و پیش‌بینی خواص مواد جامد را بهتر کرد.
در دهه‌های بعد، این حوزه با کشف پدیده‌هایی مانند ابررسانایی، ابرشارگی و رفتارهای غیرعادی دیگر به سرعت گسترش یافت. تحقیقات اخیر در فیزیک حالت جامد به توسعه‌ی مفاهیمی مانند روش‌های محاسباتی پیچیده منجر شده است. به‌طور کلی، تاریخچه فیزیک حالت جامد به‌عنوان یکی از حوزه‌های پیچیده و چندرشته‌ای فیزیک، از تجربیات ابتدایی تا نظریه‌های پیچیده و کاربردهای عملی جدید، یکی از طولانی‌ترین و مهم‌ترین تاریخچه‌های فیزیک به شمار می‌آید.

از مهم‌ترین حوزه‌های تحقیقاتی در این گرایش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **ابررسانایی و ابرشارگی:** مطالعه رفتار مواد در دماهای پایین که در آن‌ها مقاومت الکتریکی به صفر می‌رسد (ابررسانایی) یا مایعات بدون مقاومت در برابر جریان حرکت می‌کنند (ابرشارگی).
- **نیمه‌رساناها:** تحقیق در زمینه خواص الکتریکی و مغناطیسی نیمه‌رساناها، که پایه و اساس فناوری‌های الکترونیکی مدرن مانند تراشه‌ها و ترانزیستورها هستند.
- **مواد مغناطیسی:** بررسی خواص مغناطیسی مواد، از جمله رفتارهای پیچیده‌ای مانند فرومغناطیس و پارامغناطیس.
- **مواد نرم:** مطالعه موادی که خواص فیزیکی آن‌ها متغیر و حساس به محیط است، مانند پلیمرها، کلوئیدها و بیومواد. این مواد در صنایع مختلف از جمله داروسازی و مهندسی زیستی کاربرد دارند.
- **نانو مواد:** بررسی خواص و رفتار مواد در مقیاس نانو و کاربردهای فناوری نانو. این حوزه شامل تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌های پزشکی، انرژی، و الکترونیک است.

- **پدیده‌های کوانتومی**: تحقیق در زمینه خواص و رفتارهای کوانتومی مواد، شامل پدیده‌های توپولوژیکی و اثرات کوانتومی که در سیستم‌های چگال و فازهای پیچیده ماده مشاهده می‌شوند.
- **پدیده‌های بحرانی و سیستم‌های پیچیده**: مطالعه رفتار سیستم‌ها در نزدیکی نقاط بحرانی، مانند انتقال فاز از حالت جامد به مایع یا دیگر فازهای ماده، که منجر به کشف رفتارهای پیچیده و غیرعادی در مواد می‌شود .

روش های تحقیقاتی:

فیزیک ماده چگال ترکیبی از روش‌های نظری و تجربی را به کار می‌گیرد. در بخش نظری، از مکانیک کوانتومی و مکانیک آماری برای توصیف و پیش‌بینی رفتار مواد استفاده می‌شود. در بخش تجربی نیز از تکنیک‌های پیشرفته‌ای مانند پراش اشعه ایکس، طیف‌سنجی نوترون و میکروسکوپ الکترونی برای مطالعه ساختار و خواص مواد بهره‌برداری می‌شود.

کاربردهای عملی:

گرایش ماده چگال نقش بزرگی در توسعه‌ی فناوری‌های نوین ایفا کرده است. از تراشه‌های کامپیوتری و نیمه‌رساناها تا مواد مغناطیسی پیشرفته و حافظه‌های جدید، همگی نتیجه تحقیقات در این زمینه هستند. این حوزه همچنین به توسعه مواد جدید با خواصی خاص، مانند مواد فوق‌العاده سخت یا موادی با قابلیت جذب انرژی، کمک کرده است.

- **فناوری‌های تولید و ذخیره‌سازی انرژی:** تحقیقات در زمینه مواد جامد به پیشرفت فناوری‌های تولید و ذخیره‌سازی انرژی، مانند باتری‌های لیتیومی و سلول‌های خورشیدی، منجر شده است.
- **نانومواد و مواد هوشمند:** توسعه مواد نوین با ویژگی‌های بهینه برای کاربردهای خاص، نظیر نانومواد و مواد هوشمند، یکی دیگر از نتایج این تحقیقات است.
- **سنسورها و دستگاه‌های حسگر**: شناخت بهتر از خواص مواد جامد به طراحی و توسعه سنسورها و دستگاه‌های حسگر برای کاربردهای پزشکی، محیط زیست و صنعت کمک می‌کند.
- **تراشه‌های الکترونیکی و سوپرجامدات**: تحقیقات در فیزیک ماده چگال باعث پیشرفت در طراحی و تولید تراشه‌های الکترونیکی، مواد نورگریز و سوپرجامدات شده است.
- **توسعه قطعات الکترونیکی پیشرفته و سیستم‌های ارتباطات**: درک بهتر از خواص الکتریکی و مغناطیسی مواد به توسعه قطعات الکترونیکی پیشرفته و سیستم‌های ارتباطات کمک کرده است.

برخی از فناوری‌های مهم که تحت تأثیر این حوزه توسعه یافته‌اند عبارتند از:

- **لیزرها و فوتودیودها** :ابزارهایی برای آشکارسازی نور و تبدیل آن به سیگنال الکتریکی.
- **فیبرهای نوری** :برای انتقال داده‌ها با سرعت بالا.
- **دیودهای نوری** :تولید نور در نمایشگرها، روشنایی و ارتباط نوری.
- **صفحه‌های خورشیدی** :تولید برق با استفاده از فوتون‌های نور خورشید.
- **اسپکتروسکوپی** :روشی برای تحلیل ویژگی‌های مواد با استفاده از نور.
- **میکروسکوپ‌های نوری** :برای بزرگنمایی تصاویر در تحقیقات زیستی و پزشکی.

مهارت‌های مورد نیاز:

- **ریاضیات پیشرفته** :برای مدل‌سازی و تحلیل پدیده‌های فیزیکی در مقیاس‌های مختلف، نیاز به تسلط بر ریاضیات پیشرفته مانند معادلات دیفرانسیل، جبر خطی و حساب تغییرات است.
- **آشنایی با نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و محاسباتی** :نرم‌افزارهایی مانند MATLAB، COMSOL، و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی کوانتومی برای انجام محاسبات عددی و شبیه‌سازی رفتار مواد ضروری هستند.
- **توانایی انجام آزمایش‌های پیشرفته** :مهارت در استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی مدرن مانند پراش اشعه ایکس، طیف‌سنجی نوترون و میکروسکوپی الکترونی برای بررسی دقیق خواص مواد لازم است.

چشم‌انداز شغلی:

فارغ‌التحصیلان این رشته می‌توانند در حوزه‌های مختلفی فعالیت کنند:

- **زمینه‌های تحقیقاتی** :کار در دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی برای پیشبرد دانش در حوزه فیزیک ماده چگال.
- **صنعت** :فعالیت در صنایعی مانند نیمه‌رساناها، فناوری نانو و مواد پیشرفته که نیاز به تحلیل و طراحی مواد جدید دارند.
- **آموزش** :تدریس در دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی در سطوح مختلف.
- **فناوری** :همکاری با شرکت‌های فناوری در زمینه توسعه و نوآوری در ابزارهای الکترونیکی، مخابرات، و انرژی‌های نوین.

این حوزه شامل محیط‌های کاری متنوعی از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دولتی و خصوصی تا شرکت‌های بزرگ فناوری و دانشگاه‌ها می‌شود.

یازدهمین کنفرانس ملی
مهندسی و فیزیک پلاسمای ایران

11th Conference of Plasma Engineering and Physics of Plasma PEPP2024

فیزیک پلاسما، یکی از زمینه‌های نوظهور و جدید است که توجه زیادی را به خود جلب نموده است. پلاسما حالت چهارم ماده است که فراوانی آن در حدود ۹۹ درصد است و ما در زمین، در یک درصدی از دنیا زندگی می‌کنیم که پلاسمای طبیعی (به غیر از رعد و برق و شفق قطبی) در آن کم یافت می‌شود. بشر حدود ۹۷ سال قبل پی به وجود این حالت از ماده برد، و رفته رفته کاربردهای زیادی پیدا کرد.

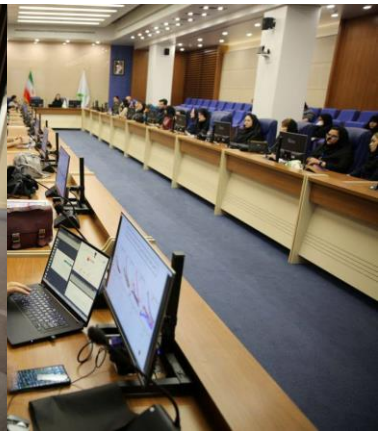
یازدهمین کنفرانس ملی مهندسی و فیزیک پلاسمای ایران به همت دانشکده فیزیک دانشگاه الزهرا در روز ۱۶و۱۷ تیرماه ۱۴۰۳ در محل مرکز همایش‌های بین المللی سالن نور، برگزار شد.

دبیر علمی این کنفرانس جناب آقای دکتر مهران شاه منصوری و دبیر اجرایی جناب آقای دکتر حکیمی پژوه از اساتید محترم گروه فیزیک دانشگاه الزهرا بودند.

محورهای اصلی که در این کنفرانس به آن پرداخته شد، عبارتند از پلاسما پزشکی، پردازش سطوح، فیزیک جو، شیمی پلاسما، پلاسما در کشاورزی، گداخت هسته ای، مخابرات و هوافضا. کاربرد پلاسما در درمان زخم‌های دیابتی، و....

از بخش‌های مهم این کنفرانس برپایی غرفه‌های تخصصی " پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌اس سازمان انرژی اتمی ایران" و شرکت دانش‌بنیان "توسعه فناوری پلاسما" ،" موسسه آموزش و تحقیقاتی صنایع دفاعی حوزه علوم، تحقیقات و فناوری"

و "سازمان پژوهش‌های نوین دفاعی (سپند)" بود که به جهت آشنایی و ارتباط گیری دانشجویان و اساتید با صنعت برگزار شد.
از مجموع ۱۷۵ مقاله رسیده به دبیرخانه کنفرانس، ۱۲۵ مقاله برای ارایه به‌صورت شفاهی (۲۸ مقاله) و پوستر (۹۷ مقاله) پذیرفته شدند که سخنرانی‌های تخصصی



بصورت موازی درعصر این دو روز برگزار شد. پوسترها نیز در دو بخش در سالنی جداگانه به نمایش گذاشته شدند و شرکت کنندگان در زمان مشخص شده در برنامه برای ارائه کار خود در آن‌جا حضور داشتند.
در این کنفرانس ۵ سخنرانی عمومی ارایه شد که دو سخنران از دانشگاه‌های واریک و الستر انگلستان، دکتر علی خطیبی و دکتر ناکاریاکوف سخنرانی خود را ارائه نمودند. سه سخنرانی دیگر نیز توسط دکتر بابک شکری، دکتر غلامرضا اطاعتی و دکتر کمال حاج شریفی ارائه شدند.
دکتر کمال حاجی شریفی عضو هیئت علمی گروه پلاسما پزشکی دانشگاه خوارزمی به‌عنوان سخنران مدعو به ایراد سخنرانی با موضوع" هوش مصنوعی و سنجشگرها در پلاسما پزشکی"پرداختند. در این سخنرانی که با استقبال بسیار خوب شرکت کنندگان کنفرانس همراه بود، چالش‌های پیش رو در بکارگیری تکنیک‌های نوین پلاسما پزشکی در درمان‌های بالینی و چگونگی استفاده از روش‌های هوش مصنوعی بر پایه‌ی سنجشگرها در غلبه بر چالش‌های موجود مطرح گردید.
امروزه علی‌رغم پیشرفت‌ها و دستاوردهای بسیار خوب روش‌های پلاسما پزشکی در حوزه‌های پژوهشی آزمایشگاهی مختلف از قبیل درمان زخم و سرطان، به‌دلیل عدم وجود یک ساختار پلاسمایی استاندارد جهانی، ورود به حوزه بالینی این علم جدید با مشکل جهانی روبه‌رو است.استفاده از دستگاه‌های ساخته شده متنوع و وابستگی شدید پاسخ‌های درمانی به ویژگی‌های ساختاری دستگاه‌های به‌کار رفته امکان مقایسه نتایج گزارش شده در تحقیقات گوناگون و همچنین تکرار نتایج یک ازمایش

را با مشکل بسیار بزرگی روبرو کرده است. ازاین رو در مواجهه با این مشکل، تعریف یک پارامتر مشخص کننده استاندارد طی سال‌های اخیر به‌عنوان یک مسئله حل نشده در زمینه پلاسما پزشکی مطرح بوده است.

در این سخنرانی گزارش‌های مربوط به استفاده از روش‌های هوش مصنوعی در گروه پلاسما پزشکی دانشگاه خوارزمی در تایید یا عدم تایید طیف نشری گاز پلاسمایی به‌عنوان پارامتر مشخصه دستگاه پلاسمایی ارایه و باوجود تایید این پارامتر برای یک دستگاه پلاسمایی مشخص، وابستگی دستگاهی این پارامتر نشان داده شد. در جدیدترین یافته‌های این گروه پژهشی، تایید پارامتر بیشینه فعالیت اکسیژنی محاسبه شده توسط روش تفکیک زمانی اندازه‌گیری اکسیژن محلول به‌عنوان یک پارامتر مشخصه مستقل از ویژگی‌های ساختاری دستگاه به روش تکنیک تحلیل داده‌ای گزارش گردید. این یافته جدید می‌تواند بزرگ‌ترین چالش در مسیر ورود روش‌های جدید پلاسما پزشکی در درمان‌های گوناگون، به‌خصوص درمان سرطان‌های صعب العلاج با روش‌های متداول، به بخش بالینی را فراهم آورد. در بخش پایانی این سخنرانی، مکانیسم و ویژگی‌های دستگاه نشانگر سلولی بر پایه تکنیک پلاسما-هوش مصنوعی طراحی شده در گروه پلاسما پزشکی ارایه گردید.

اختتامیه‌ی کنفرانس در عصر ۱۷ تیرماه برگزار شد. از ویژه برنامه‌های این قسمت می‌توان به گفت‌وگویی دوستانه با حضور فعالین صنعتی، اساتید دانشگاه و دانشجویان با موضوع "بررسی چالش‌های ارتباط دانشگاه با صنعت، فرصت‌های کارآفرینی و پارساهای تقاضامحور"، اشاره کرد. در آخر نیز یک عکس دسته‌جمعی به نشانه یادبود، از این جمع دوستانه و علمی گرفته شد.

برگزاری این‌گونه برنامه‌های علمی به پیشرفت علمی دانشجویان و اساتید کمک می‌کند و همچنین سبب انگیزه و پویایی جامعه علمی کشور می‌شود. امید است که جامعه علمی از این بسترها به نحو احسن استفاده نمایند و در حل مسائل و مشکلاتی که با آن رو به رو هستیم و توسعه‌های علمی و صنعتی کشور استفاده نمایند.

برای اطلاع از اخبار و گزارش‌های منعکس شده درباره این برنامه توسط خبرگزاری‌ها به لینک های زیر مراجعه نمایید:

https://www.msrt.ir/fa/news/۸۶۶۴۲

https://sharghnegar.ir/?p=۱۲۷۷۰

https://www.alzahra.ac.ir/R-۳۷NFrL۹

https://www.alzahra.ac.ir/R-ctEFLgM

https://www.msrt.ir/fa/news/۸۶۶۹۴

- برگرفته از گزارش معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه الزهرا(س)

کاوش در دنیای اتم های اگزاتیک
از تئوری تا عمل

زینب واشقانی- دانشجوی کارشناسی شیمی-دانشگاه الزهرا(س)

در دنیای پیرامون، اتم‌ها به‌عنوان واحدهای بنیادی ماده نقش اساسی در ساختار و عملکرد جهان ما ایفا می‌کنند. از اتم‌های ساده‌ای مانند هیدروژن و اکسیژن که آب را تشکیل می‌دهند تا اتم‌های پیچیده‌تر که در ترکیبات آلی و معدنی یافت می‌شوند، هر یک داستانی منحصربه‌فرد دارند. در این میان، اتم‌های اگزاتیک با ویژگی‌ها و کاربردهای خاص خود، جایگاه ویژه‌ای دارند. این اتم‌ها نه‌تنها در نظریه‌های شیمیایی بلکه در کاربردهای عملی نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند. در این مقاله، به کاوش در دنیای شگفت‌انگیز اتم‌های اگزاتیک خواهیم پرداخت؛ از مبانی نظری و مدل‌های شبیه‌سازی گرفته تا نتایج آزمایش‌های عملی و کاربردهای واقعی. هدف ما ارائه‌ی یک دیدگاه جامع از این اتم‌ها و نقش آن‌ها در پیشرفت‌های علمی و صنعتی است.

ساختار اتم

تاریخچه کشف ساختار اتم‌ها به دوران باستان بازمی‌گردد و در طول قرن‌ها با پیشرفت‌های علمی متعددی همراه بوده است. در اینجا مروری کوتاه بر تاریخچه داریم:

۱) دموکریتوس: در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد دموکریتوس، فیلسوف یونانی، اولین کسی بود که ایده‌ی اتم‌ها را مطرح کرد.
۲) جان دالتون: در اوایل قرن نوزدهم، جان دالتون نظریه‌ی اتمی خود را مطرح کرد.
۳) جوزف تامسون: در سال ۱۸۹۷، با کشف الکترون، جوزف تامسون مدل کشمشی را ارائه داد.
۴) ارنست رادرفورد: در سال ۱۹۱۱، رادرفورد طبق آزمایشات خود به وجود هسته داخل اتم‌ها پی‌برد و مدل جدیدی را عنوان کرد.
۵) نیلز بور: در سال ۱۹۱۳، نیلز بور نیز مدل خود را که در آن الکترون‌ها در مسیری مشخص دور هسته گردش می‌کردند را ارائه داد.
۶) مدل کوانتومی: در دهه ۱۹۲۰، مدل کوانتومی توسط دانشمندانی مانند اروین شرودینگر و ورنر هایزنبرگ توسعه یافت.

ذرات زیر اتمی

بعد از کشف الکترون توسط جوزف تامسون، توجه دانشمندها به وجود ذرات زیراتمی جلب شد. ذرات زیر اتمی به ذراتی گفته می‌شود که کوچک‌تر از اتم‌ها هستند و ساختار آن‌ها را تشکیل می‌دهند. این ذرات به دو دسته‌ی ۱) ذرات بنیادی و ۲) ذرات ترکیبی، تقسیم می‌شوند.

«ذرات بنیادی» قابل‌تقسیم به ذرات کوچک‌تر نیستند. از جمله مهم‌ترین ذرات بنیادی می‌توان به الکترون‌ها، کوراک‌ها و نوترینوها اشاره کرد. «ذرات ترکیبی» از ترکیب چند ذره بنیادی تشکیل شده‌اند؛ مانند پروتون‌ها و نوترون‌ها که از سه کوارک تشکیل شده‌اند. کشف این ذرات یکی از مهم‌ترین دستاوردهای علمی قرن بیستم است. در ادامه نگاهی به تاریخچه کشف این ذرات می‌اندازیم:

۱) الکترون: در سال ۱۸۹۷، جوزف جان تامسون «الکترون» را کشف کرد و نشان داد که اتم‌ها از ذرات کوچک‌تری تشکیل شده‌اند.
۲) پروتون: در سال ۱۹۱۹، ارنست رادرفورد «پروتون» را کشف کرد و ساختار هسته اتم را توضیح داد.
۳) نوترون: در سال ۱۹۳۲، جیمز چدویک «نوترون» را کشف کرد که به توضیح پایداری هسته‌های اتمی کمک کرد.
۴) پوزیترون: در سال ۱۹۳۲، کارل دیوید اندرسون «پوزیترون»، اولین ذره پادماده، را کشف کرد.
۵) میون: در سال ۱۹۳۷، «میون» توسط ست ندرمیرو و همکاران کشف شد.
۶) پیون: در سال ۱۹۴۷، سیسل فرانک پاول و گروهش «پیون» را کشف کردند.
۷) کوارک‌ها: در دهه ۱۹۶۰، موری گلمان و جورج زویگ مدل «کوارک» را پیشنهاد دادند که ساختار ذرات ترکیبی مانند پروتون و نوترون را توضیح می‌دهد.
۸) بوزون هیگز: در سال ۲۰۱۲، «بوزون هیگز» در برخورددهنده‌ی بزرگ هادرونی کشف شد که به توضیح جرم ذرات بنیادی کمک کرد.

پادماده

پال دیراک، فیزیک‌دان و ریاضی‌دان برجسته بریتانیایی، در تلاش بود تا نظریه‌ی نسبیت خاص انیشتین را با مکانیک کوانتوم ترکیب کند و معادله‌ای برای توصیف رفتار الکترون‌ها در سرعت بالا ارائه دهد. این معادله که به «معادله دیراک» معروف است، نشان داد که هر ذره باید دارای پادذره‌ای با بار الکتریکی مخالف باشد. پادذره،

جفت کوانتومی ذره‌ای عادی است که ویژگی‌های مشابهی با آن دارد؛ اما بار و دیگر ویژگی‌های کوانتومی آنها متفاوت‌اند.

دیراک ابتدا تصور کرد که این نتیجه ممکن است اشتباه باشد، اما بعد از بررسی‌های بیشتر متوجه شد که معادله‌ی او به‌درستی وجود دسته‌ای جدید از ذرات را پیش‌بینی می‌کند. این پیش‌بینی که در سال ۱۹۲۸ مطرح شده بود، با کشف پوزیترون توسط کارل دیوید اندرسون در سال ۱۹۳۲، تأیید شد. پوزیترون یک ذره زیر اتمی با بار مثبت است که جرم، اسپین، اندازه و باری برابر با الکترون دارد؛ بنابراین پوزیترون را پادذره الکترون می‌نامند. پوزیترون در فرایندهایی مثل واپاشی بتای مثبت از هسته‌ی ناپایدار یا رادیواکتیو تولید می‌شود. در سال ۱۹۵۵، امیلیو سگره و اوون چمبرلین، دومین پادذره شناخته شده، پادپروتون، را نیز کشف کردند.

وقتی یک ذره با پادذره خود برخورد کند مانند برخورد الکترون و پوزیترون هر دو نابود شده و انرژی زیادی به‌صورت پرتوهای گاما آزاد می‌شود. این فرایند نابودی نامیده می‌شود.

اتم اگزاتیک:

در دهه‌ی ۱۹۹۰، اتمی عجیب که متشکل از یک پوزیترون و یک پادپروتون بود کشف شد. این اتم که پادهیدروژن نامیده شد، یک مدل اتم اگزاتیک محسوب می‌شود.

اتم اگزاتیک نوعی اتم است که در آن یک یا چند ذره زیراتمی با ذرات دیگری با همان بار، جایگزین شده‌اند.

از انواع این اتم‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) پوزیترونیوم: اتمی متشکل از یک الکترون و یک پوزیترون.

۲) میونیک هیدروژن: اتم هیدروژن که در آن الکترون با یک میون جایگزین شده است.

۳) پیونیک اتم‌ها: اتم‌هایی که در آنها یک الکترون با یک پیون جایگزین شده است.

۴) پاد هیدروژن: اتم هیدروژنی متشکل از یک پادپروتون و یک پوزیترون.

این اتم‌ها معمولاً ناپایدار هستند و عمر بسیار کوتاهی دارند، اما می‌توان گفت ابزار قدرتمندی برای تحقیقات علمی و کاربردهای عملی هستند.

پاد هیدروژن

کشف و تولید پادهیدروژن یکی از مهم‌ترین دستاوردها در فیزیک ذرات به شمار می‌رود. در سال ۱۹۹۵ در مؤسسه سرن اولین پاد هیدروژن تولید و در شتاب‌دهنده‌ها به دام انداخته شد تا روی آن تحقیقات بیشتری انجام شود. در سال‌ها بعد پژوهشگران توانستند مقادیر بیشتری از این اتم را تهیه و مورد مطالعه قرار دهند.

اهمیت کشف پادهیدروژن:

۱) مطالعه تقارن بنیادی: پادهیدروژن به دانشمندان این امکان را می‌دهد تا نظریه‌های مربوط به تقارن‌های بنیادی را آزمایش کنند.

۲) درک بهتر پادماده: مطالعه پادهیدروژن به درک بهتر این مواد و تفاوتشان با مواد عادی کمک می‌کند.

همان‌طور که گفته شد پادماده‌هایی مانند پادهیدروژن ناپایدار هستند، ماده‌ای مثل پادهیدروژن وقتی با اتم عادی هیدروژن برخورد کند، نابودی را تجربه و انرژی زیادی را آزاد می‌کنند. تولید این اتم نیاز به شتاب‌دهنده‌های ذرات و تجهیزات پیشرفته دارد. همچنین، نگهداری از پادهیدروژن در شرایطی که با هیدروژن برخورد نکند، بسیار دشوار است. این امر نیاز به میدان مغناطیسی قوی و دمای بسیار پایین دارد. حتی در شرایط ایده‌آل، این اتم به علت واکنش‌های داخلی و برهم‌کنش‌های کوانتومی، عمر کوتاهی داشته و زود از بین می‌رود.

اتم‌های اگزاتیک به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فردشان به کشفیات مهمی در فیزیک و علوم دیگر کمک کردند:

۱) تأیید نظریه الکترودینامیک کوانتومی: مطالعه اتم‌های اگزاتیک مانند «پوزیترونیم» به تأیید و بهبود نظریه‌های الکترودینامیک کوانتومی کمک کرده است. این اتم‌ها به دانشمندان امکان می‌دهد تا تعاملات بین ذرات باردار و میدان الکترومغناطیسی را بادقت بیشتر بررسی کنند.

۲) پیشرفت در پزشکی هسته‌ای: برخی از این اتم‌ها مانند «میونیک هیدروژن» در تصویربرداری پزشکی و درمان سرطان کاربرد دارند. این اتم‌ها می‌توانند به‌عنوان پروب‌های دقیق برای مطالعه ساختارهای بیولوژیکی و درمان تومورها استفاده شوند.

در علم شیمی نیز کشف این اتم تأثیرات مهمی داشته است. این اتم‌ها به شیمی‌دان‌ها این اجازه را می‌دهند تا برهم‌کنش‌های شیمیایی را در شرایط خاص و

بادقت بیشتری مطالعه کنند، همچنین این اجازه را می‌دهند تا مدل‌های جدیدی برای توضیح رفتارهای شیمیایی و فیزیکی مواد ارائه دهند.

اتم‌های اگزاتیک به‌عنوان جذاب‌ترین و پیچیده‌ترین موضوعات در فیزیک و شیمی، نقش مهمی در توسعه دانش ما از جهان ایفا کرده‌اند. از پیش‌بینی‌های نظری اولیه تا تولید و مطالعه علمی این اتم‌ها، هر مرحله از این سفر علمی به کشفیات جدید و مهمی منجر شده است.

منـــــابع

۱. *Constituents of Matter: Atoms, Molecules, Nuclei and Particles*, Ludwig Bergmann, Clemens Schaefer, and Wilhelm Raith, Berlin: Walter de Gruyter, ۱۹۹۷, ISBN ۳-۱۱-۰۱۳۹۹۰-۱.

۲. Hartmann, Joachim (January ۲۰۰۰). "Exotic atoms". *AccessScience*. McGraw-Hill. doi:۱۰.۱۰۳۶/۱۰۹۷-۸۵۴۲.YB۰۰۰۵۶۰.

۳. https://www.msnbc.msn.com/id/۴۷۲۱۷۷۴۵/ns/technology_and_science-science

۴. sern.eu

۵. مقدمه ای بر ذرات بنیادی دیوید جفری گریفیتس ترجمه دکتر نادر قهرمانی

۶. The strange world of the exotic atom, Roger Barrett, Daphne Jackson and Habatwa Mweene, New Scientist, August ۴, ۱۹۹۰. Accessed on line September ۲۶, ۲۰۰۷.

داســـــــــــــــــــــــــتان

در بابِ مورد بی‌مهری قرار گرفتن انتگرال – طنز

پریسا ساعتچی فرد- کارشناسی ارشد فلسفه علم–دانشگاه امیرکبیر parisa.saatchi@gmail.com

- **بخش یک – از دبیرستان تا بی‌آرتی‌های ولیعصر**

راستش برخلاف اکثر آدم‌ها، من همیشه از انتگرال خوشم میومد، البته اون روزها دلیل خاصی براش نداشتم. تو دبیرستان رشته‌ی تحصیلیم ریاضی بود و تو دوران پیش دانشگاهی – که این سال‌های اخیر به نام پایه سوم دوره‌ی دوم متوسطه یا دوازدهم می‌شناسیمش – اکثر بچه‌ها برای کنکور مبحث انتگرال رو حذف می‌کردن و نمی‌خوندن؛ اما من حذفش نکردم. سر جلسه‌ی کنکور، یکی دو تا تست مربوط به انتگرال رو زدم و فکر می‌کنم کمک به سزایی به درصد ریاضیم و رتبه کنکورم کرد؛ و خب، فکر می‌کنم اون اولین فایده‌ی انتگرال در زندگی من بود. در مقطع کارشناسی، رشته‌ی فیزیک مهندسی قبول شدم و ترم دوم با درسی به نام «ریاضی دو» آشنا شدم که انتگرال نقش اصلیِ این ۴ واحد واقعاً ناقابل بود و انصافاً هم حل کردن برخی از مسائلش طاقت‌فرسا بود. با وجود این سختی‌ها، من باز هم انتگرال رو دوست داشتم و دلم می‌خواست براش کاری انجام بدم تا دید جامعه نسبت به این نازنین عملگر تغییر بکنه.

انتگرال خواه ناخواه همیشه تو زندگی من بود؛ حتی مسیر رفت و برگشت هر روزه‌ی خونه تا دانشگاه، منو یاد انتگرال می‌انداخت. شاید بگید چطوری؟ نماد انتگرال رو تو ذهنتون تصور کنید! هر روز که با همکلاسی دانشگاهم سوار اتوبوس‌های بی‌آرتی می‌شدیم و وقتی خودمونو بین شلوغی مسافرهای خسته و بی‌اعصاب جا می‌کردیم، فرم ایستادنمون شکل انتگرال می‌شد. یه روز که با همکلاسیم تو اتوبوس انتگرال‌وار ایستاده بودیم، به یه طرحی فکر کردیم؛ ما می‌خواستیم یه یخچال بسازیم که انتگرال‌ها رو هم برامون حل بکنه. شاید بپرسید

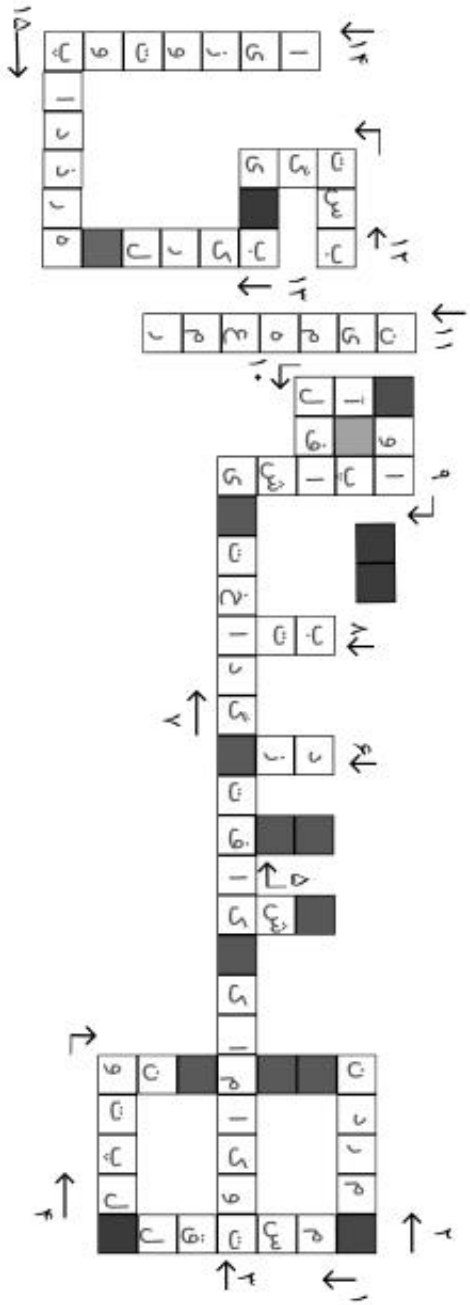
چرا یخچال؟ خب این ایده از ذهن دوتا دانشجوی لنگ پاس کردن «ریاضی دو» نشأت گرفته بود، دانشجوها هم که همیشه گرسنه‌اند و بین کلاس‌ها دنبال یه لقمه نون حلال! بنابراین دلمون می‌خواست وقتی از بدبختی‌هامون پناه می‌بریم به یخچال ایده‌آلمون تا یه چیزی واسه خوردن پیدا کنیم، یخچال هم همزمان انتگرال های «سطح و حجم» رو برامون حل کنه تا جواب تمرین‌های درسی‌مون رو داشته باشیم. البته متأسفانه یخچال قابل حمل نبود و برای سر جلسه‌ی امتحان کاربرد نداشت؛ باید برای این مشکل یه فکر دیگه می‌کردیم ولی به عنوان طرح اولیه، ایده‌ی بدی نبود. ما امیدوار بودیم با این ایده، بتونیم دو تا از مشکلات عمومی قشر دانشجو رو حل کنیم؛ یعنی گرسنگی و پاس کردن ریاضی دو. اما متأسفانه، در ۴ سال کارشناسی، کسی از طرح ما حمایت نکرد و من برای ارشد تغییر رشته دادم و وارد دنیای فلسفه شدم و این ایده هیچوقت عملی نشد تا کاربردهای انتگرال بر جهانیان فاش بشه.

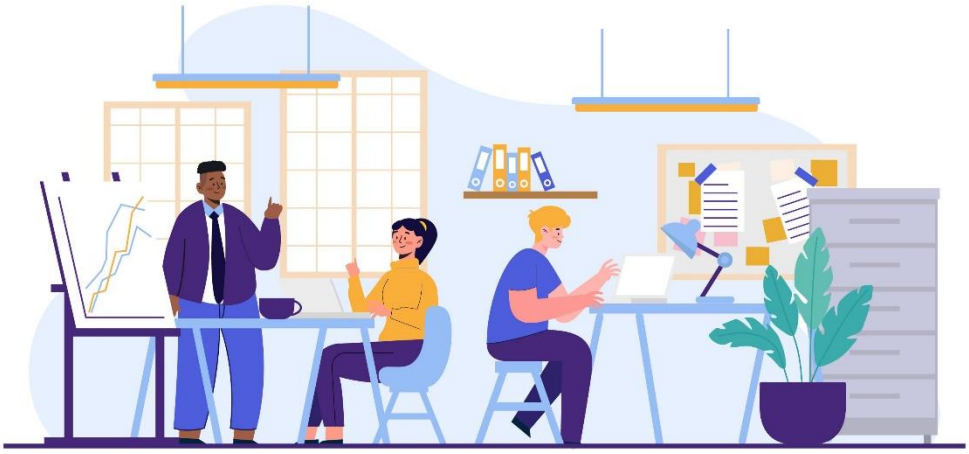
- بخش دو- فلسفه‌ی انتگرال بزرگوار

دوران ارشد، رشته‌ی فلسفه‌ی علم رو خوندم اما کماکان به ریاضیات و مخصوصاً به این موجود انتزاعی فکر می‌کردم. یه روز به این نتیجه رسیدم که انتگرال ذات بزرگی داره و شاید بخاطر همینه که ناخودآگاه دوسش دارم . درواقع من شیفته‌ی منش و شخصیت این عملگر شدم. انتگرال وقتی بره پشت سر هرچیزی اونو بزرگ‌تر می‌کنه، نه مثل مشتق که همیشه پی کوچیک کردن اینو اونه تا خودش رو نشون بده. شاید به همین دلیله که کار انتگرال سخت‌تره و درکش پیچیده‌تر. انتگرال خط رو سهمی می‌کنه، سطح رو حجم. یه دایره بهش بدی یه کُره تحویلت می‌ده. از زمان حضور این عملگر تو ریاضیات آن‌چنان دیدگاه انسان نسبت به مفاهیم وسعت پیدا کرده که باعث پیشرفت‌های بزرگی شده. حتی شاید اون زمان که مردم اعتقاد داشتن زمین صافه، هنوز سر و کله‌ی انتگرال پیدا نشده بود تا زمین ما رو تبدیل به کُره بکنه و این موضوع رو اثبات کنه. باور بفرمایید نصف مشکلات دنیا بخاطر کشف نشدن انتگرال بزرگوار بوده.

خلاصه این فکرای عجیب غریب فلسفی منو به یه نتیجه رسوند. این‌که شاید انتگرال دردی رو دوا نکنه، اما دردی هم اضافه نمی‌کنه. انتگرال سعی می‌کنه تا جایی که می‌تونه واسه همنشین‌هاش مفید باشه. من از انتگرال یاد گرفتم، می‌شه کنار بقیه بود، بهشون کمک کرد و باعث رشدشون شد. لازم نیست برای دیده شدن، بقیه رو کوچیک کنیم، کنار بزنیم و جلو بیوفتیم. اگه مثل انتگرال رفتار کنیم، نتیجه‌ی بُرد بُرد رو برای خودمون و اطرافیانمون به دست میاریم. کار انتگرال خیلی سخته، به‌نظرم حتی اگر نمی‌تونیم انتگرال‌ها رو حل کنیم، می‌تونیم سعی کنیم که تو زندگیمون مثل انتگرال رفتار کنیم.

پاسخ جدول شماره‌ی ۴۲





فراخوان دعوت به همکاری

اگه اهل تحقیق و پژوهشی، اگه مترجمی بلدی و یا هر فعالیت دیگه‌ای در زمینه‌ی فیزیک داری، جات تو نشریه‌ی ما خالیه .
بیا و خودت بگو چه فعالیتی دوست داری داشته‌باشی؟!
منتظرت هستیم...

برای کسب اطلاعات بیش‌تر با ما در ارتباط باشید:

راه‌های ارتباط با نشریه

https://zil.ink/phi_journalphysics

Journal Of Alzahra Physics Society
No.43 October 2024