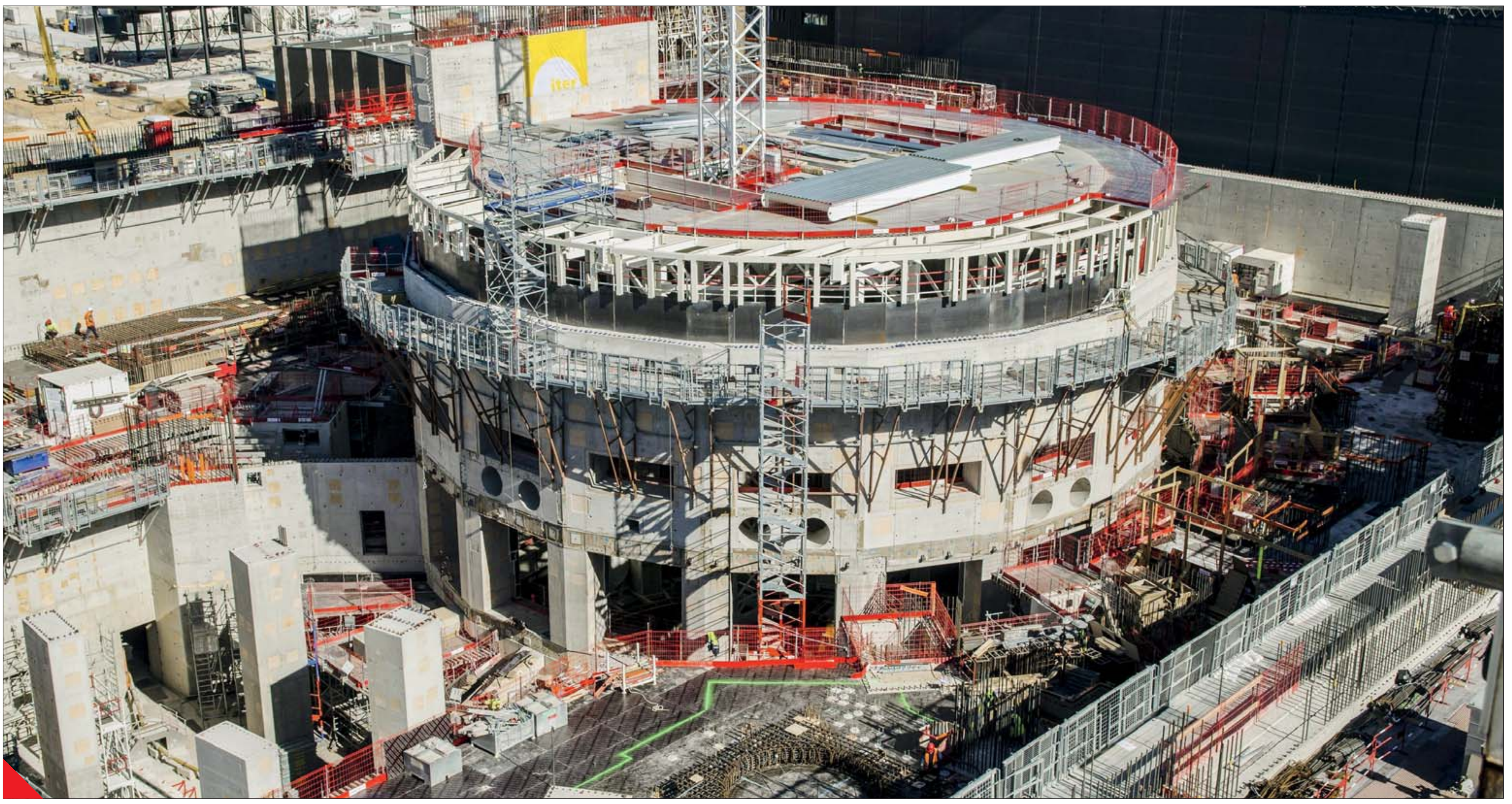
علم و جامعه

همه می‌خواهند پزشک شوند

«روز جهانی زیست‌شناسی» و ترویج علم در جامعه

رضا ماه‌منظر

آخرین جمعه از نخستین ماه امسال (۱۶ آوریل مصادف با ۲۷ فروردین) روز جهانی زیست‌شناسی نام‌گذاری شده است؛ دانشی پرکاربرد که قدمت آن تقریبا با نخستین نشانه‌ها از حضور بشر متمدن در این سیاره برابری می‌کند. زیست‌شناسی (Biology) یک واژه یونانی است و در اصلاح به معنای شناخت زندگی (موجود زنده) است. اما در عمل به کمک علوم شیمی و فیزیک، به جهان مولکول‌ها نیز ورود می‌کند و میان‌رشته‌ای‌های جذابی همچون بیوشیمی و بیوفیزیک از دل آن متولد می‌شود. می‌توان گفت اگر کاربرد معادلات ریاضی در فیزیک پدیدار می‌شود و زیبایی‌های شیمی ریشه در فیزیک ذرات زیراتمی دارد، زیست‌شناسی نیز تجسم عینی و ملموس از فیزیک، شیمی و حتی ریاضی است و به‌هیچ‌وجه جدا از آنها نیست. اما افسوس که این دیدگاه در مدارس، دانشگاه‌ها و حتی در میان مردم ایران جایی ندارد. مشکل از کجاست؟ با یک پرسش ساده در میان نوجوانان درمی‌یابیم که هدف از ورود به رشته تجربی، قبولی در رشته پزشکی است و از کودکی بسیاری تنها پزشکی را دوست دارند! گیاه‌شناسی، حشره‌شناسی، میکروبیولوژی، بیوشیمی و بیوفیزیک و حتی ویروس‌شناسی که بحران جهانی دو سال اخیر بوده، تقریبا هیچ جایگاه مشخصی در ذهن دانش‌آموزان ندارد و تعداد انگشت‌شماری از آینده‌سازان فردای این سرزمین به جنبه‌های دیگر زیست‌شناسی -به‌جز مباحث مرتبط با پزشکی- توجه نشان می‌دهند. این تفکر اشتباه که پزشکی تنها دلیل ورود به شاخه تجربی است و مدارس موفقیت خود را در گرو قبولی دانش‌آموزان در رشته پزشکی و دندان‌پزشکی می‌بینند، صدمات جبران‌ناپذیری را به اقتصاد کشور در بلندمدت می‌زند. این موضوع در میان دانشجویان کم‌رنگ‌تر است، اما به‌وضوح می‌توان دید طیف وسیعی از پایان‌نامه‌ها در حوزه سرطان و پزشکی تعریف شده است. می‌توان یکی از سرنخ‌های این مشکل را در فعالیت مروجین علم در حوزه زیست‌شناسی جست‌وجو کرد. روزهای نخست آشنایی با علم برای کودکان در مدارس و حتی ذهنیت والدین نسبت به نیاز جامعه به زیست‌شناسی، بسیار تأثیرگذار است. امروزه در کشورهای توسعه‌یافته این مهم بر دوش مروجین علم است؛ استادان و افراد مطلع در هر شاخه علمی که وظیفه ساده‌سازی علم برای عموم مردم را بر عهده دارند. در رسانه‌ها، سیاست‌گذاران کلان آموزشی، مؤسسات استعدادیابی و حتی در میان سیاست‌مداران و دولتمردان با هدف جهت‌دهی به افکار عمومی، می‌توان نیاز به حضور مروجین علم در همه شاخه‌ها را جست‌وجو کرد. برای مثال رئیس‌جمهور و هیئت دولت برای تصمیم‌گیری درست در مواجهه با ویروس کرونا، به یک ویروس‌شناس نیاز دارند که بتواند راحت و ساده و به دور از اصطلاحات پیچیده صحبت کند. در دهه‌های گذشته و تا پیش از رشد رسانه‌های مجازی، ارتباط استادان طرازاول و شناخته‌شده با رادیو و تلویزیون و روزنامه‌ها اهداف ترویج علمی را تا حدودی تأمین می‌کرد. برای مثال آموزش به والدین برای تربیت کودکانی که بر اساس علاقه درونی خود و همچنین نیاز جامعه، شاخه تحصیلی و مسیر زندگی خود را انتخاب کنند از رسالت‌های مروجین علم بوده و هست. با پیشرفت فناوری ارتباطات و به‌خصوص ورود فضای مجازی به زندگی روزمره و افزایش حجم اطلاعات، نیاز روزافزون به مروجین علم نیز در قالب‌های نوین افزایش یافته است. اما صدافسوس که در کشور ایران، با وجود دانشمندان بزرگ و پیشینه‌های علم‌دوستی و تفکر علمی در فرهنگ باستانی‌مان، امروزه ترویج علم به‌عنوان یک فعالیت جنبی و لوکس در نظر گرفته می‌شود. می‌توان گفت هدف از نام‌گذاری مناسبت‌هایی در تقویم جهانی و ملی همچون «روز جهانی زیست‌شناسی» و «زمین‌شناسی»، «روز جهانی علوم آزمایشگاهی» و حتی «علم در خدمت صلح و توسعه»، بهانه‌ای است تا ضمن قدردانی از فعالان مختلف در این شاخه‌ها، عموم مردم را نیز با جنبه‌های مختلف علم و کاربرد صنعتی آن آشنا کنیم. در کشورهای توسعه‌یافته، در مناسبت‌هایی همچون روز جهانی زیست‌شناسی، گروه‌های مختلف آکادمیک و غیرآکادمیک ضمن قدردانی از همکاران خود، به هر شکل ممکن در فضای مجازی یا حضوری به جنبه‌های زیبای این شاخه از علم پرداخته و آن را به عموم مردم معرفی می‌کنند. چرا در کشور ما تنها به یک تبریک ساده در فضای مجازی بسنده کنیم؟ چرا تعداد وبینارهای رایگان آموزشی، از تعداد انگشتان یک دست فراتر نرود؟ کمااینکه همان‌ها نیز برای مخاطبان دانشگاهی بوده است. در روز جهانی نجوم که هرساله در اواسط بهار جشن گرفته می‌شود، نزدیک به صد برنامه مختلف به‌صورت مجازی و حضوری با انواع ابزارهای رصدی در میان مردم برگزار می‌شود. اما با گذشت چندین دهه از بزرگداشت روز جهانی زیست‌شناسی، حتی یک نمایشگاه عمومی داوطلبانه با هدف آموزش رایگان و -نه صرفا برای درآمدزایی و بازاریابی- برگزار نمی‌شود تا دانش‌آموزان و دانشجویان با شاخه‌ها و کاربردهای متنوع زیست‌شناسی آشنا شوند؟ درحالی‌که دانشجویان در دانشگاه‌های معتبر جهان با الهام از طبیعت به مهندسی می‌پردازند و برای مثال از بال پرندگان و حشرات در سامانه‌های پروازی بهره می‌برند یا از چسبندگی میکروب‌ها به سطوح، قوی‌ترین چسب‌های صنعتی را تولید می‌کنند؛ هنوز در مدارس ما رقابت بر سر قبولی در رشته پزشکی و دندان‌پزشکی است! این موضوع را در کنار این مهم قرار دهید که افراد بسیاری چند ترم بعد از قبولی در وزارت بهداشت، از پزشکی انصراف می‌دهند؛ چراکه به آن علاقه‌ای ندارند و نمی‌توانند ادامه دهند! می‌توان گفت معلمان، خانواده‌ها و پیش از آنها مروجین علم، ذهنیت درست و واضحی را از رشته تحصیلی ترسیم نکرده‌اند. هزینه‌های کلانی که خانواده‌ها برای قبولی بالاجبار فرزندانشان در رشته پزشکی متحمل می‌شوند یا هزینه‌ای که دولت برای دانشجویان پزشکی صرف می‌کند و درصد قابل‌توجهی پس از چند ترم از این رشته‌ها انصراف می‌دهند، می‌تواند صرف خدمات آموزشی در مناطق محروم شود. دانش‌آموزان بسیار بااستعداد و توانمندی در دورافتاده‌ترین نقاط کشور همچون سیستان‌وبلوچستان وجود دارند که متأسفانه به دلیل فقر و نیاز شدید مالی در بزرگسالی به مشاغل پرخطر روی می‌آورند. اما یک فعالیت عمومی ساده در شهرها و روستاها می‌تواند زمینه‌ساز انتخاب درست و جهت‌دهی به فکر و مسیر شغلی کودکان بسیاری شود. کودکان مناطق محروم تصویر بهتری از آینده شغلی‌شان در ذهن خود ترسیم کنند و به رفع نیازهای شهر و روستای خود بپردازند. مروجین علم حتی می‌توانند در سیستم روزمره صنعت تأثیرگذار باشند. برای مثال می‌توان به کمک رسانه‌ها یا برنامه‌های آموزشی مجازی رایگان و به زبان بسیار ساده، باغ‌داران و کشاورزان را با فواید برخی حشرات و برخی قارچ‌ها در دفع آفات و افزایش بهره‌وری محصولات آشنا کرد. اما رسانه‌های در دسترسی همچون اینستاگرام و... که می‌توانند به‌سادگی تأثیرات مثبتی را در جامعه رقم بزنند، کاربردشان محدود به زندگی روزمره، تبلیغات و گاه تبریک مناسبت‌هایی همچون روز جهانی زیست‌شناسی شده است و نه بیشتر!



ساختمان اصلی راکتور گداخت ایتر در فرانسه که به‌زودی آغاز به کار می‌کند و دگرگونی‌ای بزرگ در علم و صنعت را پدید خواهد آورد

فیزیک زیراتمی و سفری شگفت‌انگیز از قلب ستارگان تا دالان سرن

مقدمه‌ای پروپیمان به دنیای ذرات بنیادی، فیزیک هسته‌ای و اخترفیزیک

حسن فتاحی*، زهرا قربانی‌مقدم**

راه کدام است؟ راهی وجود ندارد، در میان ناشناخته‌ها جمله محبوب «نیلز بور» از فاوستِ گوته

برجام؛ واژه‌ای که ایرانی‌ها نزدیک به یک دهه است آن را می‌شنوند و به‌موازات آن واژه «هسته‌ای» را می‌شنوند، می‌خوانند و با آن زندگی می‌کنند. یا همین چند روز پیش خبری منتشر شد مبنی بر اینکه ممکن است نیروی پنجم طبیعت هم کشف شود، اما به‌راستی برجام و نیروی پنجم طبیعت چه هستند؟ اینها سؤالاتی هستند که عموم مردم در پی فهم آن برآمده‌اند و به‌موازات آنها فیزیک‌دانان نزدیک به یک سده است که با سؤالاتی بزرگ دست‌وپنجه نرم می‌کنند. داستان ساختار ماده، داستان امروز و دیروز نیست. حکایتی کهن است به قدمت چندهزار سال. به قدمت روزهای درخشان یونان باستان و اتم‌گرایان اما امروزه در سایه پیشرفت‌های شگرف علم و فناوری و نیز به لطف خردمندی انسان توانسته‌ایم به قلب ماده نفوذ کنیم و بدانیم تمام عالم ناپاهش‌پذیر یا رؤیت‌پذیر ما از چه ساخته شده است. از ساختار بدن خودمان که فرزندان ستارگان هستیم، تا نخستین لحظه‌های پیدایی گیتی به‌واسطه مهبانگ، جملگی از ساختارهایی ساخته شده‌ایم که اتمی، هسته‌ای و ذراتی هستند. این کتاب روایتگر تلاش فیزیک‌دانان در چند دهه گذشته است برای اهل فن و برای دانشجویان و پژوهشگرانی که در این راه قدم گذاشته‌اند. درواقع این کتاب به زبان فنی گام‌به‌گام ما را جلو می‌برد و نشان می‌دهد در دنیای زیراتمی چه خبر است. شاید بهتر باشد بگوییم داستانی که با زبان فنی دو فیزیک‌دان یونانی روایت می‌کنند، از همان روی جلد کتاب شروع می‌شود. بیایید هیجان این کتاب را با جمله‌ای که روی جلد کتاب است، آغاز کنیم: اگر شعاع نوترون‌ها و پروتون‌ها را ۱۰ سانتی‌متر فرض کنیم، کوارک‌ها هرکدام یک‌دهم میلی‌متر خواهند بود و این در حالی است که شعاع اتم چیزی در حدود ۱۰ کیلومتر خواهد بود! به دنیای ذرات بنیادی و هسته‌ای خوش‌آمدید.

چرا این کتاب خوب است؟

برای خوب‌بودن این کتاب دلایلی چند را برمی‌شماریم و تأکید داریم جامعه هدف ما در این مقاله، جامعه علمی فیزیک ایران است؛ در مقاطع کارشناسی تا پسادکترا. نخستین دلیل برای خوب‌بودن این کتاب تنوع مطالب است. کتاب دو بخش کلی دارد؛ بخش هسته‌ای شامل هشت فصل اول کتاب و بخش ذرات بنیادی شامل پنج فصل بعدی. افزون بر آن هم سه پیوست پروپیمان دارد که هریک را می‌توان فصلی انگاشت. در این چند هفته که کتاب را می‌خواندیم و ورق می‌زدیم، به یک نتیجه خوب رسیدیم که پاسخی درخور برای خوب‌بودن کتاب است. این اثر یک کتاب درسی موفق است؛ کتابی که می‌توان از آن هم به‌خوبی درس داد و هم به‌خوبی درس خواند. دلیل دیگر خوب‌بودن کتاب تنوع آن است. برای مثال فصل هفتم کتاب به اخترفیزیک هسته‌ای پرداخته است. بخشی هیجان‌انگیز از فیزیک که با هسته‌ای، ذرات، اخترفیزیک درهم‌تنیده شده است. کمتر کتابی را می‌توان یافت که بخش اخترفیزیک هسته‌ای داشته باشد. این در حالی است که بخش کلانی از بخش‌های نوین فیزیک هسته‌ای و ذرات در دل اخترفیزیک هسته‌ای نهفته است. بدیهی است که دانشجوی فیزیک در هر مقطعی که باشد، باید با اصول نخستین تولید انرژی در ستارگان آشنا باشد. شاید نتواند سازوکارهای هسته‌زایی را بفهمد اما دانستن واکنش‌های هسته‌ای قلب ستارگان به‌اندازه دانستن معادلات آونگ و اصول ترمودینامیک و قوانین ماکسول اهمیت دارد. خوبی دیگر کتاب این است که ریاضیات را نه اصل قرار داده و نه فدا کرده است. فیزیک بدون دیسول یا فرمول معنا ندارد. هرچند امروزه آموزش فیزیک آن‌چنان دستخوش تحول شده است که علاوه بر ریاضیات، دانستن علوم کامپیوتری و برنامه‌نویسی هم اهمیت دارد. خوبی دیگر کتاب وجود تمرین است. حل تمرین در فیزیک آن‌قدر مهم است که داشتن ابزار مناسب برای صعود از اورست. بدون حل تمرین، فراروند فهم فیزیک حاصل نمی‌شود. این از اصل از ساده‌ترین مفاهیم تا پیچیده‌ترین آن درست است. خوبی دیگر کتاب حجم مناسب آن است. این کتاب ۱۶ فصلی در ۵۰۲ صفحه منتشر شده است و برای مقایسه با کتاب شاهکار فیزیک هسته‌ای کرین کنار هم بگذارید که بیش از ۹۰۰ صفحه است. اینکه کتاب کرین شاهکار است شکی نیست اما اینکه تدریس آن دشوارتر است و خوانش آن بدون استاد سخت، انکارناپذیر است؛ بنابراین کتاب این دو فیزیک‌دان یونانی برای بخش زیادی از جامعه آماری فیزیک‌خوان عالی است. دلیل مهم دیگر کتاب داراست، روزآمدبودن است. دنیای هسته‌ای و به‌ویژه ذرات تحولات شگرفی داشته است. کشف هر ذره جدید، کشف واپاشی‌های جدید، اندازه‌گیری‌های جدید، همگی در به‌روزرسانی کتاب‌های علمی درسی و عمومی اهمیت دارند. فرض کنید سال آینده گراویتون آشکارسازی شود یا یک عنصر به جدول تناوبی افزوده شود. آن‌وقت باید دانشمندان دست‌به‌کار شوند و در متون درسی تجدیدنظر کنند؛ بنابراین باوجود کتاب درسی‌بودن این اثر روزآمدبودن آن بسیار چشمگیر است. شاید بد نباشد اینجا داستان تلخی را روایت کنیم. فیزیک هَلیدی که در فارسی به هالیدی معروف شده، هرسال یا هر دو سال ویرایش جدیدی را روانه بازار نشر می‌کند اما در ایران هستند استادان و مدرسانی که باوجود ویرایش‌های جدید که در دل آن تحولات جدید را هم گنجانده‌اند، کماکان دانشجویان را وادار به تهیه ویرایش‌های گاهی بیش از ۱۰ سال پیش می‌کنند. شاید در کتاب پایه‌ای مانند هلیدی این کاستی چندان به چشم نیاید اما در درسی مثل هسته‌ای و ذرات بی‌شک پررنگ است؛ بنابراین خوب است استادان هرچند سال یک‌بار در منبع خود تجدیدنظر کنند.

شرح دقیق فصل‌های کتاب

بیایید به فصل‌های کتاب نگاهی دقیق بیندازیم. فصل اول کتاب مروری تاریخی است. از نگاهی تمام‌نما که با روند کاهشی ابعاد گیتی، از ساختارهای کیهانی تا کوارک را شامل می‌شود، داستان کتاب هم می‌آغازد. نیم‌نگاهی به یونان دارد و با نمایش جدول تناوبی و چند نمودار خواننده را به قرن بیستم هدایت می‌کند؛ سال‌های رادرفورد و کشف پرتوزایی. عنوان فصل دوم فیزیک هسته‌ای است و لازم است همین‌جا به خوانندگان با تأکید بسیار یادآور شویم که بدون دانستن فیزیک نوین و فیزیک کوانتومی این فصل تا آخر کتاب را نخواهید فهمید. در فصل دوم مروری خواهید داشت بر اساسی‌ترین مفاهیم دانش هسته‌ای که در هر کتاب آموزش هسته‌ای باید باشد. مفاهیمی نظیر پایداری هسته، سطح مقطع، انرژی بستگی، مقدار انرژی هسته، مدل‌های هسته‌ای نظیر مدل قطره-مایع و دیگر چیزها. بخش پایانی این فصل موضوع جذاب معنای نسبیتی نظریه میدان است. احتمالا برای دانشجویان تازه‌کار این بخش چندصفحه‌ای نخستین مواجهه با نظریه میدان به معنای نسبیتی باشد و نیاز است در درست فهمیدن آن درنگ کنند. این فصل با ۲۰ تمرین تمام می‌شود. فصل سوم نگاهی گذرا به نسبیت خاص است. بی‌شک خوانندگان اهل فن می‌دانند که «آلبرت اینشتین» به سال ۱۹۰۵ نسبیت خاص را ارائه کرد و از آن زمان تا به امروز جایگاه آن در توصیف گیتی و پدیده‌های آن پررنگ و عیان است. بدون نسبیت خاص توصیف بسیاری چیزها، از حرکت ذرات شتابان با سرعت‌های نزدیک به نور گرفته تا تکینگی سیاهچاله‌ها ناممکن است؛ بنابراین نویسندگان به‌درستی فصل سوم را به نسبیت خاص و روابط آن پرداخته‌اند. فصل چهارم هم مثل فصل سوم کوتاه اما اساسی است. این فصل به پهناهای بازآوایی-واپاشی پرداخته است. چیزی که تا پایان دانش هسته‌ای با مفهوم آن سروکار داریم. بازآوایی برابر نهاد فارسی رزونانس در برابر واژه تشدید عربی است. فصل ششم هم هرچند کوتاه اما اساسی است. این فصل به نظریه پراکندگی پرداخته است. اگرچه در این کتاب گذرا به آن اشاره شده اما نظریه پراکندگی بسیار عمیق و پرمحاسبه است. اجازه دهید نکته‌ای را اشاره کنیم. اگر این کتاب را تدریس کردید، می‌توانید این سه فصل را در یک جلسه چهارساعته تدریس کنید، به شرط آنکه دانشجویان عزیزتان از سنت استفاده از واژه «خسته نباشید استاد» دوری کنند و چهار ساعت میخکوب به درس گوش کنند. این سه فصل تمرین ندارد اما می‌توانید از منابع دیگر برای دانشجویان مشتاق تمرین طراحی کنید؛ اگرچه ممکن است برخی درس نسبیت خاص را گذرانده باشند. فصل هفتم کتاب با داشتن شش تمرین بسیار جانانه که حل آن‌هم در ادامه هر سؤال آمده است، به ناپایداری هسته‌ای پرداخته است. وقتی از ناپایداری هسته‌ای حرف می‌زنیم از سه گونه واپاشی صحبت می‌کنیم که نویسندگان به هر سه با دقت و تفصیل پرداخته‌اند. واپاشی‌های سه‌گانه آلفا، بتا و گاما. همچنین در این فصل به دو موضوع مهم شکافت هسته‌ای که طی آن واپاشی رخ می‌دهد و اثر موسباوئر هم پرداخته شده است. فصل هفتم کتاب از آن فصل‌هایی است که بی‌شک دانشجویان علاقه‌مند را میخکوب خواهد کرد. عنوان شورانگیز این فصل اخترفیزیک هسته‌ای است. هر دو نویسنده کتاب به‌نوعی خودشان دستی بر آتش تحقیقات اخترفیزیک هسته‌ای دارند. متأسفانه جامعه هسته‌ای ایران در این زمینه پژوهشی بسیار عقب است و تعداد پژوهشگران داخل و خارج کشور بزحمت و با اغماض به ۱۰ نفر هم نمی‌رسد اما بیایید به این فصل نگاهی دقیق بیندازیم و ببینیم از چه سخن می‌گوید؟ این فصل پنج بحث اصلی را دربردارد که هر پنج مورد آن در صدر پژوهش‌ها قرار دارد. پرتوهای کیهانی، سنتز هسته‌ای، نوترینوهای ابرنواختری، تحول ستاره‌ای و ستارگان نوترونی. حتما این جمله را شنیده‌اید که انسان فرزند ستارگان است یعنی تمام عناصری که در بدن ما وجود دارد در طی بیش از ۱۳ میلیارد سال تحول عنصرشناختی پدید آمده و در اثر شکل‌گیری سیاره زمین و فرگشت انسان این عناصر در بدن انسان با درصدهای متفاوتی از فراوانی وجود دارند. عناصر در گیتی به چند طریق پدید آمده‌اند. برخی عناصر سبک همچون هیدروژن و هلیوم و لیتیوم در مهبانگ پدید آمده‌اند. برخی دیگر در ستارگان. گداخت هسته‌ای در قلب ستارگان عناصر سبک را به عناصر سنگین‌تر تبدیل می‌کند. ستارگان پرجرم با چرخه کربن-نیتروژن-اکسیژن به ساختن عناصر سنگین ادامه می‌دهند. ستارگانی که بسیار پرجرم‌اند، فراروندی با نام انفجار ابرنواختری را تجربه می‌کنند که طی آن گداخت لایه‌های ستاره منجر به ساخته‌شدن عناصری تا سنگینی آهن می‌شود. از آهن به بالا هم در انواع دیگر واکنش‌های هسته‌ای ساخته می‌شوند. به زبانی بسیار ساده کار اخترفیزیک هسته‌ای بررسی خاستگاه و فراروندهای هسته‌ای در گیتی است که منجر به پیدایی عناصر می‌شود. حال ممکن است این رویداد شگفت در سنتز هسته‌ای یعنی ترکیب هسته‌های اتمی رخ دهد یا در ادغام دو ستاره نوترونی. این فصل دراین‌باره سخن می‌گوید. فصل هشتم که آخرین فصل بخش هسته‌ای است به کاربردهای علوم هسته‌ای می‌پردازد که بسیارند. نویسندگان سه مورد مهم را نام برده‌اند. یکی عمرسنجی یا تاریخ‌نگاری هسته‌ای، دیگری رادیو ایزوتوپ‌ها در پزشکی و در پایان توان هسته‌ای که در واکنشگاه یا راکتورهای هسته‌ای با دو شیوه شکافت و گداخت استفاده می‌شود و البته سلاح هسته‌ای. بخش بعدی کتاب درباره ذرات بنیادی است. فصل نهم تا حدی طولانی است و به موضوعات زیر می‌پردازد: راژمان یا سامانه واحدها، راژمان یا سامانه واحدها بر اساس ثابت پلانک که می‌توان نامش را واحدهای پلانکی نامید، اثرات نسبیتی، ناوردایی در حرکت‌شناسی، باریکه‌های برخوردی، سطح مقطع‌ها و درخشندگی‌ها، حرکت‌شناسی واپاشی ذرات، مقدارهای ناوردا در پراکندگی دو ذره‌ای، بازآوایی در پراکندگی کشسان و... . باز در این فصل دانشجویان تازه‌کار برای نخستین‌بار با مفهوم کیو.سی.دی. یا همان الکترودینامیک کوانتومی آشنا می‌شوند. فصل دهم مدل کوارکی هادرون‌ها است و خواننده با مفاهیم تقارن و انواع آن برخورد نزدیک خواهد داشت، آن‌چنان‌که با چند تمرین به ورزیدگی برسد. فصل یازدهم ابزارها و ادوات فیزیک ذرات تجربی یا آزمایشگاهی است. در این فصل خوانندگان با سازوکار انواع شتاب‌دهنده‌ها و آشکارسازها درمی‌یابند که ابزار چه نقش مهمی در پیشرفت فیزیک ذرات ایفا می‌کند. در حقیقت در این فصل خوانندگان به جداناپذیری نظریه‌پردازان و آزمایشگران پی می‌برد. فصل دوازدهم فیزیک نوترینو است که از پژوهش‌های روز است و فصل سیزدهم هم به برهم‌کنش‌های ضعیف پرداخته است. سه فصل پایانی هم درواقع پیوست هستند اما هریک چندین تمرین دارند.

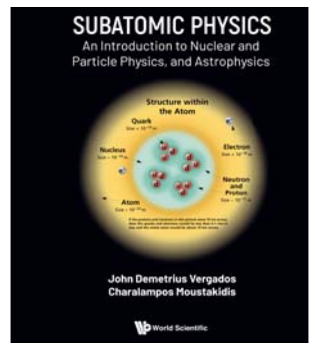
چگونه این کتاب را بخوانیم؟

اجازه دهید پاسخ این سؤال اساسی را این‌گونه بدهیم. این کتاب به درد چه کسانی می‌خورد و هر گروه چگونه آن را بخوانند؟ همان‌طور که در بخش بالا -شرح دقیق فصل‌های کتاب- دیدید، کتاب دو بخش کلی دارد؛ بخش هسته‌ای و بخش ذرات بنیادی. فرض ما در پاسخ به این سؤال جامعه علمی ایران است. کتاب برای سال آخر دانشجویان درس‌خوان فیزیک در مقطع کارشناسی بسیار خوب است. اگر در سال‌های قبل یا ترم‌های پیشین تحصیل زیربنای علمی خوبی داشته باشند، می‌توانند از این کتاب بهره فراوان ببرند، به شرطی که بتوانند به‌راحتی به انگلیسی بخوانند، اما اگر بنا باشد یک دست واژه‌نامه فیزیک باشد و یک دست کتاب، دچار خستگی خواهند شد و پیشنهاد ما نخواندن آن است. دانشجویانی که در کمال تأسف زبان انگلیسی نمی‌دانند، می‌توانند کتاب‌های فارسی خوبی را که منتشر شده بخوانند، اما از این حقیقت نمی‌توان چشم‌پوشی کرد که آخرین تحولات علمی ذرات و هسته‌ای در کتاب‌های دانشگاهی فارسی به دشواری پیدا می‌شود. برای دانشجویانی که در مقطع کارشناسی‌ارشد درس می‌خوانند، چه آنها که گرایش ذرات بنیادی دارند و چه آنها که فیزیک هسته‌ای، این کتاب منبع بسیار خوبی است. این دسته از دانشجویان می‌توانند کتاب را در همان ترم اول تحصیل بخوانند و دید وسیعی پیدا کنند. حتی پیشنهاد می‌کنیم گرایش‌های دیگر نظیر مهندسی راکتورهای هسته‌ای یا اخترفیزیک هم این کتاب را بخوانند. اگر دانشجوی ارشد ذرات و هسته‌ای هستید و به‌صورت خودآموز کتاب را می‌خوانید، از حل تمرین غافل نشوید. کار دیگری که باید انجام دهید کشف روابط میان دیسول‌ها یا فرمول‌های فیزیک است. اساسا فیزیک از آن دسته علوم زاستاری است که باید با متن درسی آن درگیر شد. نکته دیگری که باید به آن دقت کرد ارتباط بین مفهوم‌های کتاب است. یادتان باشد فیزیک هسته‌ای نظری و ذرات بنیادی باهم همپوشانی دارند و زمانی خوب یاد می‌گیرید که بتوانید از بالا به کل ساختار تودرتوی هسته و ذرات نگاه کنید. انتظار نداشته باشید که با یک بار خواندن همه چیز ملکه ذهن شما شود. حتما در حین خواندن کتاب دوره مطالب و حل تمرین را لحاظ کنید یا عمیق بیاموزید. اگر دانشجوی مقطع دکترا هستید و به هر دلیلی پیش‌زمینه‌ای از ذرات و هسته‌ای ندارید، اما دست تقدیر شما را سر کلاس دکترای این گرایش‌ها نشانده، هرچه زودتر دست‌به‌کار شوید. این کتاب نخستین گامی است که باید بلد باشید تا بتوانید مقاله‌های علمی را که استاد به شما می‌دهد، بخوانید. تلاش خود را به کار گیرید که در ترم اول تحصیل بخوانید. فرض ما بر این است که دانشجوی مقطع دکترای زبان انگلیسی علمی را بلد است. این کتاب برای تدریس هم بسیار درخشان است. اگر در مقطع سال آخر کارشناسی قصد تدریس دارید، می‌توانید دو راه را در پیش بگیرید؛ نخست اینکه تمام ۱۳ فصل کتاب را درس بدهید که یقینا سنگین خواهد بود، اما ارزشمند. در عوض می‌توانید امتحان پایان‌ترم را به شکل جزوه‌باز برگزار کنید. درواقع اگر دانشجویان سال یا ترم آخر کارشناسی بیش از ۵۰ درصد مطالب کتاب را هم بیاموزند، کار مهمی صورت گرفته است، اما اگر قصد دارید سبک‌تر درس بدهید، پیشنهاد ما گزینش فصل‌های مفهومی است. اگر بشود ترتیبی داد که این اثر در دو ترم برای درس فیزیک هسته‌ای یک و دو یا درس فیزیک هسته‌ای و درس ذرات بنیادی تدریس شود، عالی است؛ یعنی دانشجویان کارشناسی تمام سال آخر خود را در مرزهای علم و در دریایی از مرواریدهای درخشان علمی سپری خواهند کرد. پیشنهاد دیگری هم برای دانشجویان یا ترکیب دانشجویان و استاد راهنما داریم. می‌توانید کتاب را گروهی بخوانید. اگرچه دوره کرونا است، فضای اینترنت و شبکه‌های ارتباط اینترنت‌پایه مشکل را حل کرده‌اند. می‌توانید کتاب را گروهی بخوانید و فراهمایی مجازی شکل دهید. در پایان اگرچه می‌دانیم حال‌وهوای چاپ و نشر کتب دانشگاهی زمستانی است و رغبتی در آدم‌ها نیست، اما ای‌کاش این کتاب به فارسی ترجمه می‌شد. بازهم تأکید داریم ترجمه جانانه و پَرسون، نه ترجمه اصطلاحا دانشجویی که برخی استادنماها فصل‌ها را بین دانشجویان تقسیم می‌کنند و بعد ملغمه‌ای پرغلط را شلخته جمع‌بندی و سرهم‌بندی می‌کنند.

ذرات بنیادی و هسته‌ای در ایران

دو دانش ذرات بنیادی و هسته‌ای که باهم همپوشانی زیادی دارند، در ایران نه به قدمت کشورهای پیشتاز است که بگوییم ایرانی‌ها دستاوردهای شگرفی داشته‌اند و نه‌چندان کم‌بنیه است. اجازه دهید با کمی توضیح بیشتر موضوع را شفاف کنیم. صد سال پیش در چنین روزهایی، دو رویداد در جهان علم و جهان ایرانی در حال وقوع بود. در جهان علم نظریه کوانتومی که زیربنای پیشرفت و زایش فیزیک ذرات بنیادی و فیزیک هسته‌ای است، آرام‌آرام درحال تولد بود و «آلبرت اینشتین» نظریه نسبیت خاص و عام خود را ارائه کرده بود، اما در ایران، سلسله قاجار آخرین نفس‌هایش را می‌کشید و عقب‌ماندگی علمی در کنار دیگر انواع عقب‌ماندگی و پس‌افتادگی اجتماعی در سرتاسر ایران به چشم می‌خورد. زخم‌هایی عمیق بر پیکره ایران، در جایگاه تمدنی قدیمی و پرآوازه وارد آمده بود. به‌رغم رشادت‌های معدود انسان‌هایی همچون «عباس‌میرزا نایب‌السلطنه» که راز جانکاه عقب‌ماندگی میهن را فهمیده بود و برای جبران آن آستین همت بالا زده بود، ایران، آن کشوری که زمانی فخر اقتدار عالم بود، از کشور همسایه و خصم دیرین، روسیه تزاری، زخم خورده و در جنگ‌های موسوم به «جنگ‌های ایران و روسیه» شکست سنگینی خورده بود و بخشی از خاک ایران از دست رفته بود. اگرچه در شکست‌های قشون ایران دلایل و عوامل گوناگونی نقش داشتند، اما عقب‌ماندگی علمی و به دنبال آن عقب‌ماندگی صنعتی و نظامی از برجسته‌ترین آنها بود. درحالی‌که در جهان خارج جنگ جهانی اول پایان یافته بود، در ایران نفس‌های آخر سلسله قاجار می‌رفت تا تجددی آمرانه را برازد. درحالی‌که در آن سوی جهان در پی رخداد بازرایش یا رنسانس، خردورزی و عقلانیت آرام‌آرام ریشه می‌دواند و زنان در پی تثبیت جایگاه خود در نهادها و محفل‌های دانشگاهی بودند، در ایران عزیز ما هنوز دانشگاه تهران تأسیس نشده بود. آری، دانشگاه تهران به سال ۱۳۱۳ هجری خورشیدی به همت و اراده ترقی‌خواهان تأسیس شد و تا به همین امروز دوره‌های افول و صعود بسیاری به خود دیده است. چند خط بالا را به‌عنوان مقدمه و چشم‌اندازی کوتاه نوشتیم تا نشان دهیم ما پیشتاز نبودیم و در کارنامه علمی ایرانیان به دلیل عقب‌ماندگی علمی، افتخارهایی نظیر کشف الکترون، کشف پرتوزایی، کشف ساختار هسته، کشف شکافت و گداخت هسته‌ای، کشف واکنش‌های زنجیری، ساخت نخستین واکنشگاه هسته‌ای، کشف کوارک و بسیاری دستاوردهای دیگر وجود ندارد؛ همان‌گونه که در کارنامه علمی بسیاری دیگر از کشورها هم به چشم نمی‌خورد، اما بیایید روی دیگر سکه را ببینیم. از همان ابتدا که گروه فیزیک دانشگاه تهران تأسیس شد، زنده‌یاد استاد «محمود حسابی» دست به نگارش کتابی درباره کوانتوم زد. در همان زمان استادان دیگری هم بودند که گام‌هایی برای شناساندن دانش‌های نوین زاستاری فیزیک به دانشجویان ایرانی داشتند. یکی از مهم‌ترین گام‌ها در ایران در توسعه دانش‌های هسته‌ای، تأسیس سازمان انرژی اتمی ایران بود که جا دارد از برجسته‌ترین فرد آن جناب «علی‌اکبر اعتماد» یاد کنیم که به‌راستی از سرمایه‌ها و گنجینه‌های علمی ایران به شمار می‌روند. سازمان انرژی اتمی سه گام اساسی را برای کشور برداشت؛ گام نخست، ورود ایران به دنیای صنعت هسته‌ای بود؛ یعنی حالا دیگر صنعت

جان دمتریوس ورگادوس



چارالامپوس موستاکیدیس

هسته‌ای محدود به تخته‌سیاه دانشگاه و آزمایشگاه نبود، بلکه وارد فراروند صنعتی شده بود که نماد آن واکنشگاه یا راکتور هسته‌ای بوشهر و واکنشگاه تحقیقاتی تهران بود. ایران اگرچه هرگز از صاحبان و کاشفان دانش هسته‌ای نبود، اما هوشمندانه در آن بازه از تاریخ توانست وارد باشگاه دارندگان فناوری هسته‌ای شود. زمانی که بسیاری از کشورهای هم‌جوار ایران چه‌بسا در دانشگاه‌هایشان آزمایشگاه هسته‌ای نداشتند، ایران در حال تکمیل واکنشگاه بوشهر بود. اما از توفان حوادث سیاسی که همواره روند علمی را با اختلال روبه‌رو می‌کند. جنگ و بعد از آن مشکلات سیاسی روند پیشرفت را کند کرد و در این میان کوچ پژوهشگران را هم باید در نظر داشت. شاید اغراق نباشد اگر بگوییم دو دهه طول کشید تا بار دیگر صنعت هسته‌ای با تمام دشواری‌ها دوباره به راه بیفتد که نیازی به ذکر آن نیست. گام بعدی که پیش از سال ۱۹۷۹ م برداشته شد، تربیت پژوهشگران بود که بیش از هر چیزی استقلال علمی را در پی داشت. گام سوم هم بسط فناوری هسته‌ای به دیگر بخش‌ها نظیر پزشکی و کشاورزی بود. این روند امروزه هم ادامه دارد، اما اخبار آن زیر خبرهای سیاسی مدفون مانده است. شاید برای دانستن خوانندگان عزیز بد نباشد که تأکید کنیم گستره دانش هسته‌ای از محاسبات نظری واکنش‌های ستارگان پرجرم تا درمان تومورهای سرطانی وسیع است. پژوهش‌هایی که در پزشکی هسته‌ای در سطح دنیا در جریان است، آن‌قدر متنوع است که در دانشگاه‌ها و مراکز علمی ساختمانی مجزا دارد. درباره ذرات بنیادی هم ایرانی‌ها داستان خودشان را دارند. در حال حاضر شاخه ذرات بنیادی یا با نام دقیق‌تر، فیزیک انرژی‌های بالا، در ایران دانشجو، دانشور و پژوهشگران بسیاری دارد. تا حد زیادی بیشتر گروه‌های فیزیک کشور شاخه ذرات بنیادی را دارند و ایران استادان معروفی در این زمینه دارد. از نقاط عطف ذرات بنیادی ایران می‌توان به مشارکت‌های آموزشی و پژوهشی در سرن اشاره کرد. به‌واقع مهم‌ترین رویداد ذرات بنیادی ایران ارتباط مؤثر با سرن است. دانشجویان و پژوهشگران ایرانی به سرن رفت‌وآمد دارند و یکی از نویسندگان مقاله حاضر، پژوهشگر سرن است. حتی از معلمان ایرانی هم در سرن حضور داشتند که یکی از سرشناس‌ترین‌شان «فرحناز سدیدی» است. او در حال حاضر پژوهشگر «آموزش ذرات بنیادی» در آلمان است. تا اینجای کار آنچه مسلم است وجود تعداد نه‌چندان اندک پژوهشگر ذرات بنیادی در ایران، دیگر مراکز علمی پژوهشی جهان و در رأس آن سرن است، اما سؤال اصلی اینجاست که تا چه اندازه از توانایی‌های علمی آنان استفاده می‌شود؟ آیا از کسانی همچون «فرحناز سدیدی» که تجربه معلمی در ایران را هم دارد، برای انتقال آنچه آموخته دعوت به عمل آمده است؟ آیا وزارت آموزش‌وپرورش با او همکاری و همیاری داشته است؟ آیا از چنین افرادی برای تدوین کتاب‌های علوم دانش‌آموزان ایرانی دعوت شده است؟ تا جایی که ما می‌دانیم، پاسخ‌های این سؤالات دلسردکننده است. علم در جهان امروز و ذرات بنیادی و هسته‌ای، شبکه‌ای منسجم و پویا از افراد، ابزار، ارتباط‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها است. صرف افتخار به اینکه چه تعداد دانش‌آموخته در ذرات بنیادی داریم یا چه تعداد مقاله منتشر کرده‌ایم، فایده‌ای ندارد. برای بهره‌مندی علمی و صنعتی و در پی آن اقتصادی، اجتماعی و حتی دفاعی از دانش‌های این‌چنینی نیازمند شبکه هستیم که گستره آن کل کره زمین باشد. این کار به یک چیز مهم نیاز دارد؛ سیاست‌گذاری علمی کلان. شاید نیاز نباشد بیش از این موضوع را باز کنیم، اما برای پایان این بخش از مقاله می‌خواهیم نکته‌ای را یادآور شویم. سرمایه‌گذاری در ذرات بنیادی و فیزیک هسته‌ای، چه در سطح دانشگاهی و چه در سطح فراتر از آن، سرمایه‌گذاری با سودی قطعی و بالاست. اجازه دهید مثال ملموسی را بیان کنیم. ویروس کرونا جهان را درنوردید و ضررهای اقتصادی هنگفتی به بار آورد؛ از ساده‌ترین فعالیت‌های اقتصادی سالم گرفته تا اولویت‌بندی بودجه‌های کشورها. اما چند کشور سازنده واکسن کرونا به واسطه دستیابی به واکسن نه‌تنها ضررها را جبران خواهند کرد، بلکه با فروش آن پول هنگفتی را هم به دست خواهند آورد. در حقیقت واکسن کرونا زاییده سرمایه‌گذاری سامانمند، اصولی، هوشمندانه و آینده‌پژوهانه در علم بود. فیزیک هسته‌ای و ذرات بنیادی هم چنین است. ساخت یک رادیودارو یا ساخت ابزار پزشکی مبتنی بر سازوکارهای ذرات می‌تواند سودآوری اقتصادی داشته باشد و این کمترین دستاورد ملموس آن است. جهان سیاست مایل است داستان‌ها را شکل دیگری نشان دهد، اما در دنیای امروز علم ابزار کارآمد توسعه است، اگر از آن بهینه استفاده شود و طرحی کلان برای افراد حاضر در اقلیم علمی وجود داشته باشد. مثال ملموس اهمیت مدیریت علمی در سرن است که هزاران پژوهشگر، زن و مرد، از بیش از صد ملیت مختلف در کنار یکدیگر به پژوهش مشغول‌اند و سوددهی علمی و اقتصادی دارند. این داستان معروف را از یاد نبریم که پس از کشف جریان الکتریسیته یا برگردان پارسی آن جریان برقی، وقتی نخست‌وزیر انگلستان درباره کارآمدی آن پرسید، دانشمند کاشف آن پاسخ داد: نگران نباشید عالیجناب، روزی مالیات آن را خواهید گرفت. کوتاه آنکه فیزیک ذرات بنیادی و هسته‌ای سرمایه هستند.

کمی بیشتر درباره ذرات بنیادی و هسته‌ای

فیزیک ذرات بنیادی به زبان ساده مطالعه اجزای سازنده ماده است؛ مطالعه و پرسونش (دقت) در برهم‌کنش میان آنها. شاید از خودتان بپرسید به چه ذراتی، صفت «ذره یا ذرات بنیادی» گفته می‌شود؟ امروزه به برخی ذرات صفت بنیادی را برچسب می‌کنیم، اما در حقیقت «بنیادی»بودن صفت یا ویژگی‌ای است که همگام با پیشرفت دانش فیزیک، نزد فیزیک‌دانان تغییر کرده است. در یک نظریه جدید که مدل استاندارد نامیده می‌شود، تلاش بر این است تا تمام پدیده‌های مربوط به ذرات بنیادی بر حسب خواص و برهم‌کنش اندکی از ذرات، متشکل از سه نوع یا سه خانواده مجزا توضیح داد شود و دیسول‌ها یا فرمول‌های ساختارمند برای آن ساخته شود. دو خانواده از ذرات که اسپین نیمه‌صحیح یا یک‌دوم دارند و لپتون‌ها و کوارک‌ها نامیده می‌شوند. یک خانواده متشکل از بوزون‌ها که اسپین یک دارند و بوزون پیمانه‌ای نامیده می‌شوند. همین‌جا کتابی را برای مطالعه بیشتر درباره ذرات بنیادی و داستان بوزون هیگز معرفی می‌کنیم که به‌تازگی در ایران، هم‌زمان با چندین کشور دیگر چاپ شده است: کتاب «چه کسی به ذرات بنیادی می‌اندیشد» نوشته پژوهشگر برجسته سرن، خانم «پولین گنیو» با ترجمه «حسن فتاحی» که انتشارات گوتنبرگ روانه بازار نشر کرده است. به داستان ذرات بازگردیم. بوزون‌های پیمانه‌ای در نقش حامل‌های نیرو ظاهر می‌شوند. باز باید نکته‌ای را درباره بوزون هیگز بگوییم. به‌عنوان یک اصل موضوعه که البته اثبات آزمایشگاهی هم دارد، بوزون هیگز و میدان هیگز مسئول جرم‌دارکردن ذرات هستند. فرض بر این است که تمام ذرات مورد بحث در مدل استاندارد یا همان جدول معروف بنیادی‌اند؛ یعنی ساختار درونی یا حالت‌های برانگیخته ندارند. معروف‌ترین ذره بنیادی الکترون از خانواده لپتون‌ها است. برای شرح ساده‌تر این‌طور فرض کنید که الکترون از هیچ چیزی ساخته نشده است؛ مثل گلوله‌ای که از یک فلز ساخته شده؛ اما ذراتی مثل پروتون و نوترون که جرمی هزارو ۸۰۰ برابر جرم الکترون دارند، خودشان از سه ذره بنیادی دیگر به نام کوارک ساخته شده‌اند و بنابراین بنیادی نیستند. الکترون به‌عنوان ذره‌ای بنیادی به واسطه نیروی الکترومغناطیسی، یکی از چهار نیروی شناخته‌شده زاستاری یا طبیعی یا فیزیکی در ساختار اتم مقید است. دومین لپتون بنیادی شناخته‌شده نوترینوی الکترون است. ذره‌ای سبک و به لحاظ بار برقی یا الکتریکی خنثی. نوترینوی الکترون در محصولات واپاشی برخی هسته‌های ناپایدار که واپاشی‌های بتازا نامیده می‌شوند، مشاهده شده است. نیروی مسئول واپاشی بتازای هسته برهم‌کنش ضعیف نامیده می‌شود. گروهی دیگر از ذرات هادرون‌ها نام دارند که می‌توانند شامل ذرات نابنیادی هم باشند. مثال ملموس این خانواده از ذرات نوترون و پروتون است که در اصطلاح یا تَرم‌شناسی علمی نوکلئون نامیده می‌شود. دسته دیگر هادرون‌ها، پایون‌ها یا با تلفظ رایج‌تر آن در ایران، پیون‌ها هستند. پایون‌ها نیز بار برقی یا الکتریکی دارند. اجازه دهید قبل از ادامه‌دادن، این نکته را یادآور شویم که بار برقی را تا جایی که نویسندگان این مقاله می‌دانند، زنده‌یاد استاد «حسابی» ساخته است. پایون‌ها نابنیادی‌اند؛ زیرا خودشان از به‌هم‌پیوستن کوارک‌ها با دیگر نیروی طبیعت که نیروی هسته‌ای قوی یا نیروی برهم‌کنش قوی نام دارد، ساخته شده‌اند. ممکن است این‌طور به نظر آید که اگرچه کوارک‌ها خودشان هنوز به طور مستقیم آشکار نشده‌اند، عجیب به نظر آید؛ اما در حال‌های مقیدشان ظاهر می‌شوند و شواهد قطعی برای پیدایی و وجودشان وجود دارد و دیگر جای هیچ شکی ندارند. علاوه بر سه نیروی الکترومغناطیسی، هسته‌ای قوی و هسته‌ای ضعیف، نیروی چهارم دیگری هم در زاستار یا طبیعت گیتی وجود دارد. نیرویی که همه ما خیلی زود با آن آشنا می‌شویم و داستان افتادن سیب بر سر «نیوتن» بریتانیایی را می‌شنویم. نیروی گرانش یا به تعبیر دقیق‌تر گرانی. نیرو یا برهم‌کنش گرانشی به دلیل تأثیر بسیار اندکش در ذرات چشم‌پوشی‌پذیر است؛ اما یک جا از نظریه گرانشی، وقتی در مقیاس‌های بسیار کوچک صحبت می‌کنیم و حامل‌های نیرو، سروکله آن پیدا می‌شود با ذره‌ای که هنوز آشکارنشده با نام گراویتون. مدل استاندارد که انتظار می‌رود در سال‌های پیش‌رو جای خود را به مدل‌های فرااستاندارد بدهد، ریشه این سه نیرو را مشخص می‌کند. در فیزیک کلاسیک برهم‌کنش الکترومغناطیسی با امواج الکترومغناطیسی که به طور پیوسته جذب و نشر می‌شوند، گسیل می‌شود. درحالی‌که این تفسیر برای بزرگ‌مقیاس کارکرد دارد، باید در فاصله‌های بسیار کوتاه ماهیت کوانتومی نیرو مشخص شود. در نظریه کوانتومی برهم‌کنش به طور گسسته با تبادل فوتون‌ها با اسپین یک که همان حامل‌های نیرو -یا به تعبیر دقیق‌تر بوزون‌های پیمانه‌ای برهم‌کنش الکترومغناطیسی‌اند- گسیل می‌شود. واژه «پیمانه» به این خاطر به کار می‌رود که برهم‌کنش الکترومغناطیسی تقارنی بنیادی دارد که ناوردایی پیمانه‌ای نامیده می‌شود. این خاصیت بین هر سه برهم‌کنش مشترک است. برهم‌کنش‌های ضعیف و قوی نیز بسته به تبادل ذرات با اسپین یک‌اند. برای برهم‌کنش ضعیف ذرات تبادلی یا ذرات میانجی بوزون‌های معروف «بوزون زِد» و «بوزون دبلیو» است. این بوزون‌ها جرم اندکی کمتر از صد برابر پروتون و نوترون دارند. پروتون و نوترون جرم بسیار نزدیک به هم دارند. در فیزیک ذرات بنیادی هم برای خلق و هم کاوش در ساختارهای هادرونی به انرژی‌های بالا از مرتبه میلیون و میلیارد مگاوات نیاز داریم. کمی هم به جهان فیزیک هسته‌ای سر بزنیم. تا اوایل دهه ۱۹۰۰ میلادی یعنی ۱۲۰ سال قبل، فیزیک‌دانان فکر می‌کردند که درون اتم‌ها کم‌وبیش یک‌ریخت است. الکترون‌ها تنها ذرات کوچک زیراتمی شناخته‌شده، مانند اجسام باردار منفی با بار منفی بودند که در دریایی از ذرات مثبت مشاهده‌پذیر بودند. در سال ۱۹۲۲ میلادی دانشمند متولد نیوزیلند، «ارنست رادرفورد»، کشف کرد که بیشتر جرم اتم در ناحیه کوچکی از مرکز متمرکز شده است.

از اینجا بود که فیزیک هسته‌ای متولد شد. امروزه می‌دانیم که یک هسته اتم نوعی فقط چند فمتومتر یعنی یک‌میلیونیم نانومتر است و هسته از دو نوع ذرات سنگین تشکیل شده است. نوترون‌ها که بار برقی خنثی دارند و پروتون‌ها با بار برقی مثبت یک. پیشرفت فیزیک هسته‌ای با ارتباط بین این دو ذره نابنیادی گره خورده است و تبدیل‌های هسته‌ای با پرتوزایی مرتبط است. نخستین مواد یا عناصر پرتوزا در اواخر دهه ۱۸۹۰ میلادی کشف شدند و به‌زودی در جایگاه ابزاری مهم برای یادگیری ساختارهای اتمی بیشتر و منبعی نهفته برای انرژی به کار رفتند. فراروندهای مواجه‌شده با پرتوزایی طبیعی روی زمین همگی یک ایزوتوپ سنگین ناپایدار را به ذرات سبک‌تر شکافته و واپاشیده‌اند. فیزیک‌دانان هسته‌ای سه نوع از تابش‌های پرتوزا را در ارتباط با پرتوزایی را مشخص کرده‌اند. دوتای آنها ذره هستند که به ترتیب نفوذ آلفا و بتا نام دارند، سومی تابش الکترومغناطیسی است که گاما نام دارد. فرایند واپاشی زاستاری یا طبیعی می‌تواند مانند ساخت رادیوسنجی یا رادیومتری با گستره‌ای وسیع از کاربردها باشد. جداسازی یا کمی فنی‌تر بگوییم شکافت مصنوعی عناصر پرتوزای سنگین مانند اورانیوم و پلوتونیوم می‌تواند منبع تولید انرژی باشد و سلاح اتمی یا دقیق‌تر، هسته‌ای. حتی فراروندهای طبیعی مانند گداخت در زمین روی نمی‌دهد؛ اما در پهنه گیتی به وفور وجود دارد. گداخت یا جوش هسته‌ای دلیل درخشش ستارگان است. گداخت نیازمند دما و فشار بسیار زیاد است. برای مثال در قلب خورشید، در جایی که کمتر از یک‌دهم شعاع خورشید است و مرکز یا هسته ستارگان نامیده می‌شود، دما در حدود ۲۷ میلیون درجه فارنهایت یا ۱۵ میلیون درجه سانتی‌گراد است. چگالی هم ۱۶۰ برابر چگالی آب روی زمین است. در چنین دما و فشاری است که هسته‌های عناصر سبک به هم جوش خورده و با هم گداخته می‌شوند تا عناصر سنگین‌تر مانند هلیوم را پدید آورند. در این واکنش هسته‌ای گداخت انرژی هنگفتی آزاد می‌شود که قیاس‌پذیر با شکافت نیست. انسان هنوز نتوانسته است از انرژی گداخت بهره‌برداری صنعتی کند و محدود به بمب هیدروژنی و واکنشگاه‌های آزمایشی گداخت است؛ اما دیر نیست روزی که گداخت در صنعت رخ بنماید و با خود تغییرات شگرف علمی و سیاسی به همراه آورد.

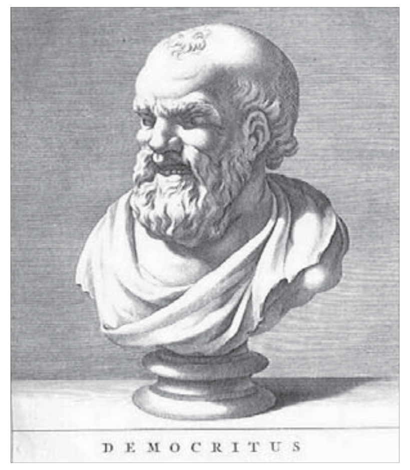
ذرات بنیادی، هسته‌ای و توسعه علمی کشور

در این بخش می‌خواهیم به نکته مهمی اشاره کنیم که نباید از چشم تصمیم‌گیران سیاست‌های علمی کشور دور بماند و درواقع آن‌چنان حائز اهمیت است که سیاست‌گذاری کشور باید همواره به آن نگاهی ویژه داشته باشد و حتی مدام جایگاهش را به سیاست‌مداران عالی‌رتبه کشور مانند رئیس‌جمهوری یادآور شود. همین امروز که در حال نوشتن این مقاله، آن‌هم در دو گوشه متفاوت جهان هستیم، در وین اتریش مذاکرات سیاسی درباره جان‌بخشی دوباره به برجام و بازگشت آمریکا به این پیمان بین‌المللی در جریان است. سیاست و سیاست‌ورزی یک روی سکه است. روی دیگر آن بحث بر سر راستا و بزرگی دستاوردهای هسته‌ای ایران است. در واقع دانش هسته‌ای که از دل آن صنعت هسته‌ای زاده شده و با ذرات بنیادی هم‌پوشانی بسیاری دارد، می‌تواند به توسعه علمی ایران یا هر کشور دیگری کمک کند. در اینجا واژه «توسعه» را به معنای دقیق آن و آن‌طور که پژوهشگران اقتصادِ توسعه و جامعه‌شناسانِ توسعه به کار می‌برند، استفاده نمی‌کنیم؛ بلکه به معنای عام آن همان‌طور که مردم عادی و سیاست‌پیشگان استفاده می‌کنند، استفاده می‌کنیم و تأکید داریم که سرمایه‌گذاری درست در دانش ذرات بنیادی و هسته‌ای منجر به توسعه علمی کشور می‌شود. این دو شاخه علمی چند ویژگی خوب دارند. نخست اینکه پژوهشی بین‌المللی هستند و ایران می‌تواند با عضویت در پژوهش‌های بین‌المللی تبادل علمی و صنعتی با جهان پیشرفته داشته باشد. به دو نمونه اشاره می‌کنیم: سرن و ایتر. سرن بزرگ‌ترین آزمایشگاه پژوهش‌های ذرات بنیادی است و بیش از صد کشور جهان در آن مشارکت دارند. سرن صرفا یک آزمایشگاه بزرگ نیست؛ بلکه جایی برای پیشرفت فناوری در مرزهای علم است، جایی برای بازآموزی، کارآموزی و دانش‌آموختگی نیروهای تخصصی یک کشور در آنجاست و جایی برای مشارکت‌های صنعتی در ساخت و تولید فناوری. ایتر هم چنین است. ایتر درواقع بزرگ‌ترین واکنشگاه یا راکتور گداخت هسته‌ای در جهان است که در کشور فرانسه تأسیس شده است. امروزه سرمایه‌گذاری روی گداخت هسته‌ای به معنای واقعی کلمه تضمین آینده انرژی کشور است. آینده انرژی جهان در دالان درخشان فیزیک هسته‌ای و ذرات بنیادی عبور می‌کند. ناگفته پیداست سوخت‌های فسیلی در زمانی نه‌چندان دور از گردونه رقابت‌ها حذف خواهند شد. نفت یا خریدار نخواهد داشت یا مقرون‌به‌صرفه نخواهد بود. انرژی آینده بشر در دل گداخت هسته‌ای و انرژی‌های خورشیدی و باد نهفته است. خورشید و باد هرچند پاک و وافرند، بازده به‌مراتب کمتری نسبت به بازده گداخت دارند؛ بنابراین خردمندی در سرمایه‌گذاری علمی و صنعتی و انسانی در جهان هسته‌ای و جهان ذرات بنیادی است. کوتاه سخن اینکه برخی دانش‌ها می‌توانند به رشد و پیشرفت ایران کمک شایانی کنند و اگر سیاست‌گذاری‌های درستی با تنوعی از کشورهای پیشرفته صورت گیرد، می‌تواند منجر به توسعه به معنای دقیق آن بشود.

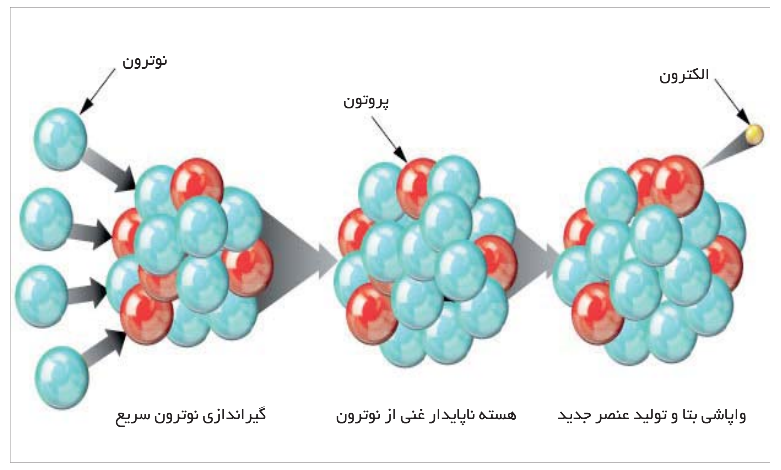
درباره نویسندگان

هر دو نویسنده این کتاب خوب دانشگاهی یونانی هستند. یونان امروز اگرچه در علم و اقتصاد قدرتمند نیست و با کشورهایی نظیر آلمان و انگلستان قیاس‌پذیر نیست، ریشه‌های تمدنی‌اش کماکان درخت علم را در آن کشور باستانی پرمیوه نگه داشته‌اند. جهانِ علم مدیون و وامدار یونان است. یونان یکی از مهدهای تمدن و یکی از خاستگاه‌های فلسفه و علم است. یونان امپراتوری بزرگی بوده است و چندین سده پیشتازی را تجربه کرده است؛ همچنان که ایران. این کتاب دو نویسنده فیزیک‌دان دارد. یکی استادتمام دانشگاه شناخته‌شده ارسطو در تسالونیکی، آقای «چارالامپوس موستاکیدیس» است که زمینه پژوهشی‌اش فیزیک هسته‌ای نظری و اخترفیزیک هسته‌ای است. او تاکنون بیش از ۵۵ مقاله علمی خوب منتشر کرده است و این اثر نخستین کتاب او به زبان انگلیسی است. نویسنده دیگر «جان (شاید با تلفظ یان) دمتریوس ورگادوس» است که در دانشگاه یونانی معروف ایونیا به پژوهش فیزیک می‌پردازد. او علاوه بر این اثر کتاب دیگری هم با عنوان فراتر از مدل استاندارد دارد و در کارنامه علمی‌اش مقاله‌های چشمگیری دیده می‌شود. نکته جالب درباره هر دو فیزیک‌دان نام دانشگاه‌هایی است که مشغول به کار هستند. هر دو نام برگرفته از تمدن یونان و دانشمند نامبُردار یونانی است. پایان سخن اینکه دانشگاه ارسطو تقریبا ۱۰ سال زودتر از دانشگاه تهران در ایران تأسیس شده است.

راکتورهای هسته‌ای نسل جدید که بسیار ایمن و سازگار با محیط زیست هستند



دموکریتوس، دانشمند یونانی که مبانی نظریه اتمی را مطرح کرد



طرحی از واکنش هسته‌ای که بر اثر برخورد نوترون در نهایت منجر به واپاشی و تولید عنصر جدید می‌شود

---

*عضو هیئت تحریریه فصلنامه نقد کتاب علوم محض و کاربردی

** پژوهشگر فیزیک ذرات بنیادی تجربی در سرن

علم از دریچه سینما

در هم تنیده‌شدن زمان‌ها

معرفی و بررسی کوتاه فیلم «لیگ عدالت زک اسنایدر»

عبدالرضا ناصرمقدسی*

فیلم «لیگ عدالت» محصول سال ۲۰۱۷ بود و در همان زمان نیز به نمایش درآمد؛ اما این فیلم با انتقادهای بسیاری روبه‌رو شد و در نهایت نسخه اصلاح‌شده آن در سال ۲۰۲۱ به نمایش درآمد که نه‌تنها از نظر جلوه‌های ویژه تحسین‌برانگیز بود، بلکه داستان و فیلم‌نامه‌اش نیز بعد از اصلاح، شکلی بهتر و معقول‌تر به خود گرفته بود. من از دیدن این فیلم لذت بردم و مطمئنم برای کسانی که به ژانر ابرقهرمانی علاقه‌مند هستند، بی‌شک فیلم لذت‌بخشی خواهد بود. داستان اینکه چرا فیلم دوباره به نمایش درآمد خود بسیار جالب است و نشان می‌دهد که یک فیلم نیز می‌تواند مانند یک نظریه چکش بخورد، تصحیح شود و دوباره بازآفرینی و بازسازی شود. «زک اسنایدر» کارگردان ابتدایی فیلم «لیگ عدالت» بود؛ فیلمی که با تغییرات بسیار در سال ۲۰۱۷ به نمایش درآمد. در میانه راه «زک اسنایدر» به دلیل فوت دخترش پروژه را نیمه‌کاره رها کرد و «جاس ویدون» جایگزین او شد. او تغییرات گسترده‌ای در فیلم‌نامه اعمال کرد و مدت آن را کاهش داد و فضایی طنزآمیز به فیلم افزود. این نسخه از فیلم گرچه فروش خوبی کرد، اما با نقد بسیار منتقدان و بینندگان روبه‌رو شد تا جایی که کمپانی فیلم‌برداری برادران وارنر تصمیم گرفت نسخه اصلی فیلم با کارگردانی «زک اسنایدر» را دوباره بازسازی کند. این نسخه جدید در نهایت با نام «لیگ عدالت زک اسنایدر» در سال ۲۰۲۱ به نمایش درآمد؛ نسخه‌ای که امروز درباره آن صحبت خواهیم کرد. اولین نکته در مورد جلوه‌های ویژه در چنین فیلم‌هایی است که در مباحثمان تاکنون به آن نپرداخته‌ایم. بی‌شک ساخت فیلم‌های علمی-تخیلی وابستگی بسیاری به قدرت ما برای تولید جلوه‌های ویژه دارد. بدون شک این علم است که چنین امکانی را در اختیار سینما گذاشته تا بتواند صحنه‌های نفس‌گیری را به وجود آورد. علم در خدمت سینما قرار می‌گیرد و جهانی فانتزی اما کاملا معقول برای بیننده به وجود می‌آورد. ما در برابر صفحه سینما میخکوب می‌شویم و ابرقهرمانانی را می‌بینیم که کارهای خارق‌العاده و محیرالعقولی را انجام می‌دهند اما ما با آنها همزادپنداری می‌کنیم و از این کارهای خارق‌العاده متعجب نمی‌شویم. این علم است که در کنار سینما می‌تواند راه‌های عصبی ذهن ما را تحریک کرده و حتی واقعیت را تغییر و درعین‌حال آن را کاملا معقول کند. درباره جلوه‌های ویژه متخصصان امر باید بیشتر بنویسند، اما اینکه چگونه جلوه‌های ویژه می‌توانند آگاهی ما را تحت تأثیر قرار دهند موضوعی است که نور و سینما باید درباره آن بررسی جامعی انجام دهد. موضوع بعدی که برای من خیلی جالب بود، وجود ابرقهرمانان بسیار آن هم از فنوتیپ‌ها و زمان‌های مختلف در این لیگ بزرگ است. ما با زن شگفت‌انگیزی روبه‌رو هستیم که طبق شجره‌نامه ابرقهرمانان به قبیله و مردمان آمازونی تعلق دارد. کسانی که وامدار رازهای باستانی هستند و از قدرت بسیار و فراطبیعی برخوردار هستند. از طرف دیگر با آکوامن روبه‌رو هستیم که از عمق دریاها و سرزمین آتلانتیس می‌آید. کسی که با نیزه پوزئیدون بر آب‌ها و اقیانوس‌ها کنترل دارد. او هم بسیار باستانی است. او هم از سرزمین آتلانتیس می‌آید که در افسانه‌ها بوده و حالا از روی زمین محو شده و به عمق دریاها رفته است. از طرف دیگر با بتمن روبه‌روییم که حاصل بلافصل جهان امروزی است. با اینکه بتمن قدرت بسیاری دارد، اما حاصل اتفاقاتی است که در جهان مدرن می‌افتد. ستم‌ها و انسان‌هایی که نمی‌توانند با جامعه کنار بیایند و قدرت بسیاری دارند سبب شده تا شخصیتی به نام بتمن در فیلم‌های درخشانی ساخته شود. سه شخصیت دیگر هم در این لیگ بزرگ عدالت وجود دارند که باید مورد توجه قرار بگیرند. اولین آن شخصیت «فلش» است که می‌تواند با سرعت نور و حتی فراتر از آن حرکت کند و قدرت و انرژی بسیاری را به اشخاص دیگر وارد کند. او از قوانین فیزیک عبور می‌کند. از دالان‌های کوانتومی می‌گذرد و به‌دلیل سفر با سرعت نور می‌تواند زمان را نیز متوقف کند. او مانند مردان ایکس حاصل جهش‌هایی در ذخیره ژنتیکی خود است. شخصیت بعدی ویکتور است که یک سایبورگ است. کسی که به‌دنبال یک تصادف شدید توسط پدر دانشمند خود به شکل یک سایبورگ با توانایی‌های خارق‌العاده درآمده است. سایبورگ‌ها بحثی عمیق در مجامع علمی بوده و انسان در آینده‌ای نه‌چندان دور به چنین فناوری‌ای دست خواهد یافت. پس ویکتور نماینده‌ای از آینده انسان به شمار می‌آید. در نهایت باید به سوپرمن اشاره کرد. این محبوب‌ترین ابرقهرمان در فهرست ابرقهرمانان تاریخ برخلاف سایرین از سیاره‌ای دیگر آمده تا مردمان زمین را نجات دهد، ازاین‌رو قدرت او هم فراتر از ابرقهرمانان زمینی است. حالا همه اینها دور هم جمع آمده‌اند تا زمین را در برابر یک خطر حتمی که به نابودی و ازبین‌رفتن کل حیات منجر شوند، حفظ کنند. داستان پرکشش و پرتلاطم فیلم نیز حول محور شکل‌گیری این اتحاد و به‌دنبال آن تلاش برای نجات زمین می‌گردد. نکته بسیار مهم هم در تهدید زمین و هم در اتحاد ابرقهرمانان، در هم تنیده‌شدن گذشته و آینده است. گذشته‌ای که مطرح می‌شود تکنولوژی آینده را دارد. آینده نیز انگار با چرخش گذشته هم شکل می‌گیرد و هم تغییر می‌کند. گذشته هم این‌گونه است. گذشته ما نیز انگار به آینده ما وابسته است و چه‌بسا تغییر در آینده بتواند گذشته ما را نیز تغییر دهد. نوعی درک دوری از زمان که عملا با رفت‌وآمدی مفهومی، ماهیت خطی زمان را خدشه‌دار می‌کند. چنین چیزی بر جذابیت‌های فیلم می‌افزاید. فیلم مملو از ناشناخته‌ها و ندانسته‌ها است. اینکه چگونه جهان می‌تواند در معرض آسیب قرار گیرد. معادله ضد حیات چیست؟ آیا ممکن است همان‌طورکه حیات به وجود آمد، به همان طریق نیز از بین برود؟ شاید به نظر برسد اینها بیشتر متعلق به فضای تخیلی و فانتزی است؛ اما همان‌طورکه بارها نوشته‌ام، جادو و فانتزی و علم دارند مرزهای خود را از دست می‌دهند. ازاین‌رو باید به حجم انبوهی از داده که در طول هزاره‌ها تخیل برای ما به وجود آورده به‌شکلی جدی‌تر نگاه کرد.

*متخصص مغز و اعصاب