درس‌هایی از سیلاب‌های مرداد ۱۴۰۱

بود و نبود مدیریت بهینه می‌تواند مخاطرات طبیعی کشور را کم‌هزینه یا پرتبعات کند

بهلول علیجانی*

۱ به نظر بسیاری از افراد سیلاب‌های مرداد ۱۴۰۱ یک اتفاق ناگهانی بود که همه مردم و مدیران را غافلگیر کرد؛ درصورتی‌که این‌طور نیست. سیلاب‌های مرداد امسال نتیجه بارش‌های موسمی بودند که این بارش‌ها جزء ویژگی‌های کشور ایران هستند؛ اما با احتمال خیلی کم و دوره برگشت نسبتا طولانی. این بارش‌ها اکثر سال‌ها در نواحی جنوبی کشور به مقدار کم رخ می‌دهند. دلیل اصلی این بارش‌ها ورود توده هوای موسمی مرطوب از قسمت‌های شرقی و جنوب شرقی است. در فصل فعالیت موسمی‌های هند یک کم‌فشار دراز شرقی-غربی در جنوب کوه‌های هیمالیا شکل می‌گیرد. این کم‌فشار رطوبت خلیج بنگال را در حاشیه شمالی خود به طرف غرب هدایت کرده و به ایران می‌رساند. البته در بیشتر وقت‌ها رطوبت دریای عمان هم از ساحل جنوبی وارد کشور می‌شود. بیشتر سال‌ها پرفشار جنب حاره‌ای در لایه‌های بالایی اتمسفر ایران حاکم است و ضخامت کافی برای صعود این هوای مرطوب وجود ندارد و فقط در حاشیه جنوب شرقی بارش‌های معمولی ایجاد می‌کند؛ اما در سال‌هایی که کف پرفشار جنب حاره بالاتر می‌رود فضای کافی برای صعود این توده مرطوب ایجاد می‌شود و به دلیل تابش شدید آفتاب هوای مرطوب به طریق فرایند همرفتی صعود کرده و بارش‌های شدید را سبب می‌شود. در سال‌هایی که پرفشار سطح بالا به طرف غرب عقب‌نشینی می‌کند و از سطح زمین هم ارتفاع می‌گیرد، کم‌فشار موسمی در نواحی مرکزی ایران در جنوب البرز و شرق زاگرس گسترش پیدا کرده و هوای مرطوب را به این نواحی هدایت می‌کند. امسال هم شرایط موافق در سطح بالا ایجاد شده بود و با ارتفاع‌گرفتن پرفشار جنب حاره‌ای کم‌فشار موسمی بر روی فلات ایران از سطح زمین تا ارتفاع حدود سه هزار متری مستقر شده بود. این شرایط استثنائی سبب این همه بارش‌های شدید و سیل‌آسا شد. این وضعیت موافق همیشه رخ نمی‌دهد. همان‌طور که در بالا اشاره کردم در گذشته در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۳۵ رخ داده بود؛ بنابراین وقوع این بارش‌ها برای اکثر مردم و ازجمله مدیران کشور غیرعادی است و به این جهت هم در اکثر برنامه‌های عمرانی و به‌ویژه فعالیت‌های روزمره و عادی کشور منظور نمی‌شوند. بالاترین شدت روزانه این بارش‌ها در دوره ۲۹ تیر تا هشتم مرداد بر اساس گزارش سازمان هواشناسی ۳۵ تا ۹۰ میلی‌متر بوده است. البته آمارهای دیگر شدیدتر از این مقادیر هم اعلام کرده‌اند. مقدار بارش تجمعی چندروزه خیلی بالاتر بوده است. این شدت‌ها برای خیلی از نقاط کشور به‌ویژه در نواحی جنوبی و مرکزی خیلی غیرعادی و خطرناک است. مثلا در یزد چند سال پیش بارش روزانه ۹ میلی‌متر در زمستان چند ساختمان قدیمی را خراب کرد. معلوم است که بارش ۴۸ میلی‌متر چه خسارت و تلفاتی را ایجاد می‌کند. درصورتی‌که در شمال ایران بارش‌های ۳۰۰ میلی‌متر در روز خسارت درخور توجهی ایجاد نمی‌کند؛ یعنی اینکه به دلیل نادربودن این بارش‌ها در جنوب، محیط طبیعی و سکونتگاه‌های انسانی آمادگی لازم را برای مقابله با این بارش‌ها ندارند.

۲ ناگفته نماند که بارش‌های زمستانه هم در کشور ما رگباری است. برای نمونه بارش‌های آخر اسفند ۱۳۹۷ و اوایل فروردین ۱۳۹۸ هم به صورت شدید رخ دادند. در یکی از ایستگاه‌های گرگان تا ۲۰۰ میلی‌متر هم بارید. در کل در ایران قسمت اعظم بارش‌ها رگباری هستند. ۶۰ درصد بارش‌های روزانه در ۱۰ درصد بالای روزهای بارش رخ می‌دهند؛ یعنی اکثرا رگباری هستند. دلیل این امر هم این است که کشور ایران در منطقه‌ای از جهان قرار دارد که مکانیسم‌های صعود فراوان نیست. عوامل معمولی صعود هوا به ایران نمی‌آیند. فقط زمانی می‌توانند وارد ایران شوند که خیلی قوی باشند. در نتیجه سامانه‌های قوی وارد کشور می‌شوند و اینها بارش‌های رگباری تولید می‌کنند. مثلا جبهه‌های گرم خیلی نادر وارد کشور می‌شوند. اکثر بارش‌های زمستانه ایران از جبهه‌های سرد است که رگباری هستند. در اکثر سال‌ها در کل کشور خشک‌سالی داریم و در تَرسالی‌های نادر هم با سیل و خسارت مواجه می‌شویم. این پدیده‌ها در برنامه‌های کوتاه‌مدت شش‌ساله قابل رصد نیستند. در نتیجه مدیریت و برنامه‌های توسعه و عمران کشور باید بر اساس برنامه‌های بلندمدت تعریف شود.

۳ مهم‌ترین عامل سیل، بارش‌های شدید و مداوم است؛ اما عوامل متعددی در قدرت تخریب سیل دخالت دارند. محیط طبیعی و حتی انسانی برای شرایط عادی در درازمدت سازگاری پیدا می‌کند. درختان همدان به سرماهای منفی ۳۰ درجه زمستان مقاومت پیدا می‌کنند، اما سرمای خیلی ضعیف مثلا با دمای منفی ۵ درجه درختان گردو را در یزد از بین می‌برد؛ یعنی اینکه مدیران و مردم باید خودشان را برای شرایط بحرانی و مخاطرات آماده کنند وگرنه زندگی در شرایط عادی محیط فراهم است، اما در کشور ما به این نکته مهم توجه نمی‌شود. آماده‌شدن برای مخاطرات و بحران‌ها به آگاهی عمومی، برنامه‌های بلندمدت، پایش مداوم و بودجه نیاز دارد. در فرهنگ ما اقدامات پایش و نگهداری خیلی کم است. همه مشاهده کرده‌ایم که در یک ساختمان جدید بعد از حتی دو سال خیلی از امکاناتش خراب شده؛ یعنی اقدامات نگهداری انجام نشده است. قبول دارم که بارش ۵۰ میلی‌متری در یزد حتما خسارت‌بار است، اما اگر ما بر اساس آگاهی کافی و جغرافیایی خود ساختمان‌ها و خیابان‌ها و شبکه زهکشی شهری را برای بارش‌های رگباری ۵۰ میلی‌متر در روز برنامه‌ریزی کنیم، خسارت نخواهیم داشت. مطمئنا هزینه انجام این کارها خیلی کمتر از خسارت‌های ایجادشده امسال یا سال ۱۳۹۸ و سال‌های مشابه خواهد بود. ایران کشور تنوع‌ها و مخاطرات و بحران‌هاست. مروری بر تاریخ برنامه‌ریزی و مدیریت کشور نشان می‌دهد که در بیشتر موارد این مسئله منظور نشده است. البته در مورد زلزله خیلی کارها و دقت‌ها شده است. مخاطره زلزله یک‌بار رخ می‌دهد اما مخاطرات اقلیمی هر روز و به‌صورت مزمن خسارت و مزاحمت فراوان ایجاد می‌کنند. باید در همه کارهای زندگی کشور اینها را منظور کنیم. برای مثال مشاهده می‌کنید که در اول مرداد همه بحث‌ها روی سیل‌ها و خسارت‌های آنها بود و هرکس، دیگری را مقصر می‌دانست. چند روز نگذشت که توجه رسانه‌ها به خشک‌سالی و کم‌آبی برگشت؛ یعنی ماهیت اقلیم کشور این است؛ در یک مکان سیل خسارت می‌زند و در مکان دیگر خشک‌سالی و کم‌آبی مشکل می‌آفریند. این سال‌ها در اوج شدت خشک‌سالی مداوم و فراگیر کشور، خسارت‌های سیل‌های مخرب خیلی زیاد است.

۴ در گذشته‌های دور به دلیل کم‌بودن آمار جمعیت و انتظاراتش و شروع‌نشدن فرایند گرمایش جهانی این مخاطرات خیلی جلوه‌گر نبودند، اما اکنون در دوره گرمایش جهانی و به قول خیلی‌ها عصر آنتروپوسن و افزایش جمعیت و انتظاراتش مشکلات چندین برابر شده‌اند و به دلیل ادامه فرایند گرمایش جهانی شدیدتر و فراوان‌تر هم خواهند شد. در روستای «چهرگان»، زادگاه نگارنده در شبستر، در دوران نوجوانی‌ام رودخانه روستا دو آسیاب را می‌چرخاند. حالا این رودخانه به باغ‌های پایین روستا نمی‌رسد. راه مقابله با این بحران‌ها تعدیل مخاطرات و سازگاری با آنهاست. مدیران باید مخاطرات را تعدیل کنند و مردم هم باید سازگاری پیدا کنند. در رأس همه اینها رعایت اخلاق محیطی است که متأسفانه اصلا توجه نمی‌شود. منظور از اخلاق محیطی این است که در مرحله اول حق طبیعت را رعایت کنیم. حدود ۴۰ درصد از منابع آب حق طبیعت است. در حوضه دریاچه ارومیه ما دریاچه را از حق خودش محروم کرده‌ایم. در شهرها ما حق عبور روان‌آب از خیابان‌ها را رعایت نکرده‌ایم. در امامزاده داوود، نکا و در خیلی جاهای دیگر در بستر رودخانه ما ساخت‌وساز کرده‌ایم؛ یعنی حق عبور سیل را رعایت نکرده‌ایم. با آلوده‌کردن و قطع درختان حق زندگی سالم و بالنده را از جنگل‌ها گرفته‌ایم. یکی از دلایل بیماری کرونا رعایت‌نکردن حق محیط طبیعی و موجودات است.

۵ بحث‌های بالا نشان می‌دهد سیل‌های مرداد ۱۴۰۱ یک اتفاق غیرمنتظره نبودند. در گذشته رخ داده‌اند و در آینده هم رخ خواهند داد. در سیل‌های سال ۱۳۹۸ تحقیقات زیادی انجام شد و پیشنهادهای سازنده‌ای ارائه شد، ولی هیچ‌کدام به‌صورت کامل عملی نشد. دوباره سیل امسال رخ داد و همان مشکلات و همان اقدامات بی‌نتیجه تکرار شد. اگر اقدامی جدی، علمی و منطقی انجام ندهیم، سیل‌ها و خشک‌سالی‌ها و تنش آبی شدیدتر و فراوان‌تر خواهد شد و ما هر دفعه باید دنبال مقصر بگردیم و مشکلات و خسارت‌های عدیده ایجاد شود. اگر آگاهی عمومی و احساس مسئولیت افزایش پیدا نکند، حوادث شهرهای نکا، آق‌قلا، استهبان و امامزاده داوود در شهرهای دیگر هم تکرار خواهد شد. اگر برنامه‌های دقیق و مطابق با شرایط جغرافیایی کشور تنظیم و اجرا نکنیم، مخاطرات نه‌تنها تعدیل نخواهند شد بلکه خسارت‌ها و هزینه‌ها سنگین‌تر و خارج از تحمل محیط طبیعی و جوامع انسانی خواهند بود. قبول کنیم که همه جهان با مخاطرات دست‌به‌گریبان است و قدرت این مخاطرات به‌ویژه تغییر اقلیم به اندازه قدرت دوره‌های زمین‌شناسی است و به این جهت عصر حاضر به دوره آنتروپوسن معروف شده است؛ یعنی اینکه انسان در دوره قبل از جنگ دوم جهانی مقهور طبیعت بود و فلسفه جبر محیطی می‌گفت که انسان نمی‌تواند در طبیعت دستکاری کند، اما حالا این انسان با استفاده از تکنولوژی و به دلیل بالارفتن انتظارات و با تمسک به فلسفه انسان‌محور همه منابع طبیعت را تاراج و تالان کرده است. حالا انسان به اندازه دو برابر تولید طبیعت بهره‌برداری می‌کند؛ یعنی اینکه هر سال از سرمایه زمین کاسته می‌شود. هرموقع به فکر چاره بیفتیم دیر نیست. امروز بهتر از فرداست. البته اگر ۵۰ سال پیش فکر می‌کردیم، خیلی بهتر بود، ولی می‌گویند در هر مرحله جلو ضرر را بگیریم، خوب است. برای گذر از این مخاطرات و بحران‌های محیطی موارد زیر پیشنهاد می‌شود.

• **بالابردن آگاهی مردم و مدیران در مورد جغرافیا و اقلیم کشور:** سده بیست‌ویکم سده بحران‌ها و مخاطرات در همه جهان است. باید تلاش بیشتری در قالب برنامه‌های عمومی و تخصصی برای آگاهی مردم انجام شود. اگر مردم آگاهی کافی پیدا کنند، حتما در مسیل برای تعطیلی روز جمعه اتراق نمی‌کنند. مدیران شهری اجازه ساخت‌وساز در مسیل‌ها را نمی‌دهند. مدیران برنامه‌های کشاورزی را متناسب با توان‌های محلی تنظیم می‌کنند. افزایش آگاهی مردم سبب می‌شود در همه برنامه‌های تعدیلی و سازگاری همکاری کنند. بدیهی است که بدون همکاری مردم هیچ برنامه‌ای موفق نمی‌شود.

• **برنامه‌ریزی و مدیریت بلندمدت بر اساس شرایط حدی و بحرانی:** فعالیت‌های هر مکان از دیرباز بر اساس شرایط نرمال تنظیم شده‌اند که اکثرا در شرایط بحرانی جواب نمی‌دهد. از نیمه دوم سده بیستم بحران‌ها و مخاطرات و شرایط حدی مانند سیل‌های شدید خیلی فراوان شده است. بنابراین در شرایط امروزی باید در هر مکانی بر اساس فراوانی و شدت مخاطرات برنامه‌های توسعه و زندگی تنظیم شود. امروز در هیچ نقطه‌ای از کشور میانگین‌ها جواب نمی‌دهند. ممکن است در دو حوضه متفاوت ۲۵۰ میلی‌متر بارش سالانه باشد، اما در یکی این بارش در چند روز متراکم شده و در دیگری در تعداد روزهای زیادی پخش شده است. معلوم است که حوضه اولی مستعد مخاطره و بحران است. برنامه‌های متکی بر مخاطرات باید بر اساس دوره زمانی بلندمدت تعریف شود. در برنامه بلندمدت فراوانی و شدت مخاطرات قابل پیش‌بینی است و می‌توان در کل مثلا میزان آب حاصل از سال‌های پربارش را برای سال‌های کم‌آب ذخیره کرد. لازمه این کار هم احداث و توسعه زیرساخت‌هاست که در برنامه بلندمدت خودش را نشان می‌دهد و برنامه‌ریز موظف است که در توسعه زیرساخت‌ها هم اقدامات لازم را تنظیم کند. به سخن کوتاه برنامه‌های توسعه کشور به‌ویژه در زمینه آب و اقلیم بر اساس فراوانی مکانی مخاطرات و پیش‌بینی آنها برای دوره‌های آینده انجام شود. منظور از دوره بلندمدت حداقل ۳۰ سال است. اگرچه در سطح جهان برای تعدیل فرایند گرمایش زمین تا سال ۲۱۰۰ تنظیم می‌شود.

• **تشکیل پورتال جامع آب و اقلیم:** یکی از پیشنهادهای هیئت ویژه سیلاب‌های سال ۱۳۹۸ تشکیل پورتال جامع آب و اقلیم بود. در شرایط فعلی به دلیل اینکه بعضی کارها به صورت موازی انجام می‌شود یا اینکه یک سازمان واحد نمی‌تواند همه داده‌های لازم برای تعدیل مخاطرات و سیل را داشته باشد، بهتر است یک پورتال جامع به صورت مجازی تعریف شود. البته تشکیل یک مرکز فیزیکی واحد مشکل است و کار را نه‌تنها چاره نمی‌کند بلکه مشکل‌آفرین هم می‌شود. همه داده‌های هوا و اقلیم و سیل به این پورتال بارگذاری می‌شود. سازمان‌های ذی‌نفع در این پورتال عضو می‌شوند. مثلا وزارت کشاورزی داده‌های هوا و اقلیم مورد نیاز خود را از پورتال برداشته و کارشناسان خودشان در زمینه بهره‌برداری تخصصی پردازش می‌کنند. شهرداری‌ها بر اساس نیازهای خودشان داده‌های لازم را برداشته و پردازش می‌کنند. مدیران سیل هم داده‌های بارش را بر اساس نیازهای خود و به همراه سایر داده‌های توپوگرافی و پوشش زمین پردازش می‌کنند. در این صورت هیچ نهادی نمی‌تواند بگوید که سازمان فلان به‌موقع و به صورت دقیق داده نداد؛ چون همه داده‌های عمومی یعنی اقلیم و هوا و سیل در سایت موجود است. وزارت بهداشت هم بر اساس نیازهای خودش داده‌ها را پردازش می‌کند. جمع‌آوری و پردازش این همه داده توسط یک سازمان مثلا هواشناسی امکان ندارد. پیش‌بینی سازمان هواشناسی در مورد بارش فقط تا رسیدن به سطح زمین است. اینکه این بارش سیل ایجاد می‌کند یا نه باید نهاد مسئول سیل کشور بلافاصله داده‌های بارش را پردازش کرده و هشدارهای لازم را بدهد. در مورد شهرها هم همین‌طور عمل شود. امتیاز دیگر این پورتال جلوگیری از دوباره‌کاری و موازی‌کاری است. این پورتال حتما یک شورای مدیریت دارد که همه کارها را تعریف، تنظیم و پایش می‌کند.

• **استفاده از نیروهای متخصص به‌ویژه جغرافی‌دانان:** همه مدیران نمی‌توانند افراد متخصص باشند. در نتیجه در هر سازمانی به‌ویژه نهادهایی که با زمین و بحران‌ها و مخاطرات کار دارند، حتما باید یک متخصص جغرافیا وجود داشته باشد؛ چون متخصصان جغرافیا با دید یک‌جانگری می‌توانند بحران و مخاطره را با توجه به همه جوانب تحلیل کرده و پیش‌بینی لازم را انجام دهند. در سال ۲۰۰۰ هم دبیرکل سازمان ملل از جغرافی‌دانان خواست که آستین بالا زده و بحران‌های سده ۲۱ را چاره‌جویی کنند. حالا هم در اکثر دانشگاه‌های جهان بهترین رشته علمی مناسب برای گسترش و عملی‌کردن توسعه پایدار، رشته جغرافیا شناخته شده است. بنابراین در شرایط فعلی کشور استفاده از متخصصان جغرافیا در همه سطوح تعدیل و سازگاری بحران‌ها و مخاطرات الزامی است.

* استاد دانشگاه خوارزمی
و مدیر کارگروه هوا و اقلیم هیئت ویژه بررسی سیلاب‌های سال ۱۳۹۸

عکس: مجید جراحی، ایرنا

یادداشت

به دنبال نظریه‌های خیالی نباشیم

نبود ارتباط بین «هارپ» و زلزله‌های اخیر ایران

مهدی زارع*

در اوایل تیر ۱۴۰۱، پس از رخداد زمین‌لرزه‌های پی‌درپی در منطقه جزیره کیش، چارک، بندر مقام و بندر خمیر مطرح شد که دلیل رخداد این زلزله‌های پی‌درپی، غیرطبیعی و در برخی مطالب منتشرشده، علت آن «هارپ» اعلام شد. «هوگو چاوز» رئیس‌جمهوری پیشین ونزوئلا نیز در سال ۱۳۸۸ واشنگتن را متهم به به‌کارگیری سلاح هارپ و ایجاد زلزله مرگبار ۲۰۱۰ هائیتی کرد. یک رسانه داخلی هم در اواخر سال ۸۸ با انتشار یک گزارش تأییدنشده و به نقل از یک منبع خبری روسی عنوان کرد که نیروی دریایی ایالات متحده با استفاده از فناوری خود، قصد ایجاد زلزله‌ای در ایران داشته که اشتباها هائیتی را (در زلزله ۱۲ ژانویه ۲۰۱۰) مورد هدف قرار داده است! برخی هارپ را در ایجاد زمین‌لرزه سیچوان چین (۲۰۰۸) نیز مقصر دانسته‌اند.

برنامه پژوهشی شفق فعال با فرکانس بالا یا هارپ (HAARP)، یک پروژه علمی با هدف مطالعه خواص و رفتار یونوسفر است. یونوسفر تقریبا ۸۰ تا ۶۵۰ کیلومتر بالاتر از سطح زمین، درست در لبه فضا قرار دارد. یونوسفر مرز بین جو پایینی زمین -جایی که ما زندگی می‌کنیم و تنفس می‌کنیم- و خلأ فضا را تشکیل می‌دهد. عملیات تأسیسات پژوهشی هارپ در ۱۱ آگوست ۲۰۱۵ از نیروی هوایی ایالات متحده به دانشگاه آلاسکا، فیربنکس، منتقل شد و اجازه داده شد تا به کاوش در پدیدارشناسی یونوسفر در یک توافق‌نامه تحقیق و توسعه مشترک ادامه دهد. هارپ تواناترین فرستنده پرقدرت و فرکانس بالا برای مطالعه یونوسفر در جهان است. برنامه هارپ متعهد به توسعه یک مرکز پژوهشی یونوسفر در سطح جهانی است که متشکل از تأسیسات پژوهشی یونوسفر، یک مرکز فرستنده پرتوان در محدوده فرکانس بالاست و می‌تواند برای برانگیختن موقت ناحیه محدودی از یونوسفر برای مطالعه علمی استفاده شود و مجموعه‌ای پیچیده از ابزارهای علمی یا تشخیصی است که می‌تواند برای مشاهده فرایندهای فیزیکی در منطقه تحریک‌شده مدنظر استفاده می‌شود. تأسیسات پژوهشی یونوسفر به‌صورت کنترل‌شده به دانشمندان این امکان را می‌دهد که فرایندهایی را که به‌طور مداوم تحت تحریک طبیعی خورشید رخ می‌دهند، بهتر درک کنند. همچنین توصیف یونوسفر با استفاده از ماهواره، مشاهده تلسکوپی ساختار ظریف شفق قطبی و مستندسازی تغییرات طولانی‌مدت در لایه اوزون از امکانات دیگر آن است. ابزار اصلی در هارپ، تجهیزات پژوهشی یونوسفر (IRI)، شامل آرایه‌ای از ۱۸۰ آنتن رادیویی است که در مساحتی به وسعت ۰،۱۳ کیلومترمربع (۳۳ هکتار) پخش شده است. همچنان که گفته شد یونوسفر خارجی‌ترین لایه جو زمین است. از حدود ۵۰کیلومتری بالای سطح زمین شروع می‌شود و حاوی اتم‌ها و مولکول‌هایی است که توسط نور فرابنفش خورشید یونیزه می‌شوند (یعنی یک الکترون از دست می‌دهند و دارای بار مثبت می‌شوند). یونوسفر برای رادیو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا فرکانس‌های رادیویی پایین از یونوسفر منعکس می‌شوند و امکان ارتباطات از راه دور را فراهم می‌کنند. در فرکانس‌های بالاتر، ارتباطات رادیویی با ماهواره‌ها از یونوسفر عبور می‌کند. یونوسفر همچنین جایی است که هنگام برخورد ذرات باد خورشیدی با اتم‌های اکسیژن و نیتروژن، شفق‌های قطبی رخ می‌دهند. تجهیزات پژوهشی یونوسفر امواجی را در فرکانس‌های بین ۲.۷ تا ۱۰ مگاهرتز با توان ۳،۶ مگاوات ارسال می‌کند. امواج رادیویی را به سمت بالا به یونوسفر منتقل می‌کند؛ جایی که باعث می‌شود الکترون‌ها به‌صورت امواج حرکت کنند. هارپ یک گرم‌کننده یونوسفر است و به همین دلیل به این نام خوانده می‌شود؛ زیرا تحریک الکترون‌ها دمای آنها را افزایش می‌دهد و می‌توان گفت که قوی‌ترین گرم‌کننده یونوسفر نیز محسوب می‌شود. با تغییر چگالی الکترون‌ها در یک منطقه خاص، دانشمندان با استفاده از هارپ می‌توانند چگونگی واکنش یونوسفر به شرایط تغییریافته را مطالعه کنند. به دلیل اهمیت یونوسفر برای ارتباطات رادیویی، در اوایل دهه ۱۹۹۰ نیروی هوایی و نیروی دریایی آمریکا پروژه هارپ را پیشنهاد کردند و نیروی هوایی ساخت آن را در سال ۱۹۹۳ آغاز کرد. مکانی نزدیک گاکونای آلاسکا انتخاب شد؛ زیرا منطقه از نقاط مسطح در قطب شمال بود که در آن شفق قطبی رخ می‌دهد. سایت هارپ نزدیک یک بزرگراه اصلی بود اما خیلی ایزوله بود تا هیچ منبع تداخل الکتریکی یا رادیویی در آن نزدیکی وجود نداشته باشد. مسئولیت هارپ در سال ۲۰۱۵ به دانشگاه آلاسکا در فیربنکس منتقل شد.

ادعا: هارپ ممکن است عمدا تخریبی در مقیاس جهانی ایجاد کند که باعث زلزله، توفان، سیل یا توفان برف در سراسر جهان شود یا ممکن است از طریق تله‌پاتی به شهروندان جهان حمله کند و بر افکار با ارتعاشات فرکانس پایین تأثیر بگذارد.

ارزیابی: این نظر درک بسیار ضعیفی از نحوه عملکرد برنامه پژوهشی شفق فعال با فرکانس بالا (HAARP) ارائه می‌دهد. این سامانه (هارپ) یک فرستنده فرکانس بالا (رادیویی موج کوتاه) است و ارتعاشات فرکانس پایین را منتقل نمی‌کند. هارپ پدیده‌های فیزیک را در بالاترین قسمت جو (معروف به یونوسفر) با مطالعه اثرات گرمایی کوچکی که فرستنده در آنجا ایجاد می‌کند و فقط چند ثانیه طول می‌کشد، تجزیه‌وتحلیل می‌کند. بنابراین به‌هیچ‌وجه نمی‌تواند بر فرایندها یا حرکت‌های فکری انسان تأثیر بگذارد. از سوی دیگر هیچ مدرک علمی‌ای برای حمایت از ادعاهای مطرح‌شده درباره توانایی هارپ برای ایجاد سوانح طبیعی یا کنترل رفتارهای انسانی ارائه نشده است. برنامه پژوهشی شفق فعال با فرکانس بالا (هارپ) یک سامانه پژوهشی است که از یک فرستنده پرقدرت و فرکانس بالا برای مطالعه خواص فیزیکی و رفتار بالاترین نقطه جو یعنی یونوسفر استفاده می‌کند. یکی از نمونه‌های پدیده‌های طبیعی که هارپ مطالعه می‌کند، شفق قطبی است که به‌عنوان شفق شمالی نیز شناخته می‌شود. ارسال‌های رادیویی از هارپ تنها اثرهای کوچکی در یونوسفر ایجاد می‌کند که برای مدت کوتاهی (چند ثانیه) طول می‌کشد.

ادعا: هارپ با کنترل حرکات انسان، عملکرد غدد و تظاهرات ذهنی خاص را با استفاده از تحریک الکترومغناطیسی فرکانس بالا امکان‌پذیر می‌کند.

ارزیابی: این ادعا در اواسط دسامبر ۲۰۲۰ منتشر شد. سیگنال‌های رادیویی با فرکانس بالا را در هارپ با استفاده از ۳۶۰ فرستنده رادیویی و ۱۸۰ آنتن به بالاترین نقطه جو یعنی یونوسفر ارسال می‌کنند. این تأسیسات حدود ۱۴ هکتار (۰،۱۴ کیلومترمربع) در نزدیکی شهر گاکونا، آلاسکا را که حدود ۲۵۰ کیلومتری شمال شرقی آنکوریج، بزرگ‌ترین شهر آلاسکاست، پوشش می‌دهد. سیگنال‌های رادیویی تا حدی بین صد کیلومتر تا ۳۵۰ کیلومتر در ارتفاع جذب می‌شوند و الکترون‌ها را در یونوسفر شتاب می‌دهند و به‌طور خلاصه آنها را به‌اصطلاح «گرم» می‌کنند. با تجزیه‌وتحلیل نحوه تعامل امواج رادیویی با الکترون‌ها در یونوسفر، محققان هارپ می‌توانند پدیده‌هایی مانند اثرهای شفق قطبی یا شفق‌های شمالی را بر روی سیستم‌های رادیویی و ارتباطات هواپیماها را در ارتفاعات بالا مطالعه کنند.

ادعاها درباره توانایی هارپ برای ایجاد سوانح طبیعی یا کنترل رفتارهای انسانی نادرست است. هارپ یک فرستنده با فرکانس بالا (عمدتا مانند یک رادیو موج کوتاه) است که از آن برای انجام آزمایش‌ها بر روی یک قطعه صد در صد کیلومتری از یونوسفر استفاده می‌شود. ارسال از هارپ فقط باعث ایجاد اثرهای کوچکی در یونوسفر می‌شود که چند ثانیه طول می‌کشد. علاوه‌براین، این مرکز فقط چند ساعت در سال کار می‌کند. مقدار انرژی با فرکانس بالا که از اپراتورهای رادیویی آماتور در سراسر جهان می‌آید، تقریبا به‌طور قطع از ارسال‌های هارپ بیشتر است. هارپ نمی‌تواند بر پدیده‌هایی مانند توفان‌هایی که در تروپوسفر با ارتفاع بسیار پایین‌تر (هفت کیلومتری) رخ می‌دهند و تلاطم‌هایی با بزرگی انرژی بیشتری تولید می‌کنند، اثر بگذارد. امواج رادیویی فرکانس بالا در جوی که برای آن سیگنال‌ها شفاف است، منتشر می‌شوند. اگر این (تأسیسات هارپ) را ۱۰ برابر بزرگ‌تر کرده و تلاش می‌کردیم، بازهم نمی‌توانستیم بر آب‌وهوا اثر بگذاریم. سیگنال‌های الکتریکی در ذهن انسان بسیار فرکانس پایین هستند. هارپ فرکانس بسیار بالایی دارد. طول موج‌ها به متر است؛ بنابراین هیچ راهی وجود ندارد که آنها بتوانند ذهن انسان‌ها را کنترل کنند. فیزیک‌دانان فضایی بر مناطقی بیش از صد کیلومتری بالای سر ما تمرکز می‌کنند، جایی که امواج رادیویی هارپ صد برابر ضعیف‌تر از امواج تلفن همراه است.

* استادتمام پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

غرش‌های مهیب گیتی در آینه اخترفیزیک قرن بیست‌ویکم

اخترفیزیک‌دان برزیلی در کتاب «اخترفیزیک انرژی بالا» از پدیده‌های پرابهت کیهان سخن می‌گوید

حسن فتاحی

این مقاله درباره کتابی با نام «اخترفیزیک انرژی بالا» است که به‌تازگی انتشارات بلندآوازه اشپرینگر چاپ کرده است. برای آغاز می‌توان واژه «اخترفیزیک انرژی بالا» را تعریف کرد اما شاید بهتر باشد از واژه اخترفیزیک شروع کنیم. به بررسی پدیده‌ها و فراوندهای درگیر در اجرام یا برآخت‌های فراسوی جو زمین که دگرگونی‌های فیزیکی و شیمیایی دارند، با کمک فیزیک و ریاضی، اخترفیزیک می‌گویند. می‌دانیم که برآخت‌های اخترشناختی، از سیارک و دنباله‌دار گرفته تا کهکشان‌ها، تابش گسیلی دارند که می‌تواند امواج الکترومغناطیسی یا ذرات باشد. حال با توجه به ناحیه‌ای که در آن کار می‌کنیم، مرزهای اخترفیزیک انرژی بالا مشخص می‌شود. پرسون‌تر یا دقیق‌تر بگوییم پژوهش فیزیکی درباره برآخت‌های اخترشناسی را که از خود امواج الکترومغناطیس با انرژی بالا یا بسامد بالا گسیل می‌کنند، اخترفیزیک انرژی بالا می‌گویند. این محدوده شامل بخش پرتو ایکس و پرتوهای گاماست. بخش انتهایی ناحیه فرابنفش هم شامل این مرزبندی اخترفیزیک انرژی بالاست. پرتوهای کیهانی و نوترینو هم زیرمجموعه اخترفیزیک انرژی بالاست. اخترفیزیک انرژی بالا روی اجرام اخترشناسی مانند سیاهچاله‌ها، ستارگان نوترونی، تپ‌اخترها یا تپارها، مگنتارها، ابرنواختران، باقی‌مانده انفجارهای ابرنواختری و فوران‌های پرتو گاما می‌پژوهد. اخترفیزیک انرژی بالا با بخش‌های زیادی از اخترشناسی همپوشانی دارد اما به‌طور مشخص با اخترفیزیک هسته‌ای، اخترفیزیک نسبیتی نپاهشی یا مشاهده‌ای، اخترفیزیک پلاسما درهم‌تنیده است. حال برویم و فصل‌های کتاب را ژرف‌تر بررسی کنیم.

فصل‌های کتاب

در این بخش می‌خواهم هر فصل از کتاب را به کوتاهی شرح دهم و بگویم نویسنده در هر فصل از میان مطالب متنوع درباره یک موضوع کدامشان را برگزیده است، اما پیش از پرداختن به هر فصل، نخست عنوان تمام فصل‌ها را می‌گوییم: ۱- ماهیت فیزیکی گیتی: ذره‌های بنیادی و برهمکنش‌هایشان، ۲- فراروندهای پایه در انرژی‌های بالا، ۳- آشکارسازی و ابزارسازی در اخترفیزیک انرژی بالا، ۴- فرگشت ستاره‌ای نزدیک به مرحله‌های پایانی، ۵- ابرنواختر، ۶- اخترفیزیک اجرام یا برآخت‌های فشرده، ۷- برافزایش در اخترفیزیک، ۸- هسته‌های کهکشانیِ ژیرا یا فعال، ۹- اخترفیزیک نوترینویی، ۱۰- موج‌های گرانشی، ۱۱- فوران‌های پرتوِ گاما، ۱۲- پرتوهای کیهانی و بخش پایانی هم پرسش‌ها.

فصل نخست کتاب با نام ماهیت فیزیک گیتی است. ذره‌های بنیادی و برهمکنش‌هایشان با نگاهی کلی به ذرات بنیادی و اندرکنش یا برهمکنش‌های بنیادی آغاز می‌شود. چهار برهمکنش اصلی داریم: هسته‌ای ضعیف یا نزار، هسته‌ای قوی، گرانش و الکترومغناطیسی. در ادامه برهمکنش‌های پایه در انرژی‌های بالا را بررسی می‌کند. این فصل دانش ذرات زیادی دارد و مدل استاندارد یا استانده ذرات و برهمکنش‌های قوی و الکترودینامیک کوانتومی شرح داده شده است. در پایان برای اینکه خواننده نقش دو نیروی گرانش و برهمکنش‌های ضعیف یا نزار را در جایگاه اندرکنش یا برهمکنشی بنیادی بداند، هر دو را واکاویده است.

فصل دوم کتاب به‌روشنی رنگ‌وبوی درس فیزیک مدرن را دارد. عنوان فصل فراروندهای پایه در انرژی‌های بالاست و با داستان گسیلش و پراکندگی فوتون در جایگاه فراروندهای انرژی‌های بالا شروع می‌شود. چهار فراروند یا پدیده مهم که در درس فیزیک مدرن ریزبه‌ریز جراحی می‌شود، بررسی شده است: پدیده فوتوالکتریک که یادگار جایزه نوبل اینشتین است، پراکندگی کامپتون، تولید زوج یا جفت و سازوکار سطح مقطع کلی و جذب. این چهار فراروند و پدیده مبتنی بر جذب و پراکندگی‌اند. نویسنده در همین فصل پنج فراروند فوتون‌های پرانرژی را مبتنی بر گسیلش فوتونی، معرفی کرده است: تابش جسم سیاه، تابش برم‌اشترالونگ، تابش سینکروترون، تابش چِرِنکوف، سرچشمه‌های پوزیترونی و سازوکار خلق-فنا. اینها زیربنای درک بسیاری از پدیده‌های انرژی بالا در گیتی‌اند.

فصل ۱۰صفحه‌ای سوم به ابزارسازی و آشکارسازی در اخترفیزیک انرژی بالا پرداخته است. نخست به حوزه و محدوده‌های فضایی، بینابی یا طیفی و زمانی پرداخته شده، سپس سی‌سی‌دی‌ها را در اخترشناسی نورشناختی یا اپتیکی و انرژی بالا معرفی کرده است. سپس به مشکل و چگونگی راه‌حل متمرکزسازی فوتون‌ها در سازوکارهای انرژی بالا اشاره کرده و فصل را با آشناسازی ابزارهای فضا-پایه مانند نپاهشگرها و آشکارسازها یا در اصطلاح رصدخانه‌های فضایی به پایان برده است.

فصل چهارم از آن فصل‌های دل‌انگیز است. این فصل درباره مراحل پایانی فرگشت ستارگان است. فرگشت واژه‌ای درست‌تر برای عبارت رواج‌یافته تحول ستارگان است. نویسنده در این بخش به شش موضوع اساسی پرداخته است. نخست کمی درباره اخترفیزیک ستاره‌ای گفته است؛ اینکه ستارگان با زبان دانشی فیزیک چگونه بیان می‌شوند و معادله‌های زیربنایی توصیف‌کننده آنها کدام‌اند. درواقع ساختار ستارگان را برای خواننده باز کرده تا فراروندهای انرژی بالا را بشناساند. او کمی درباره چگونگی نپاهش یا رصد ستارگان گفته است؛ اینکه چگونه مشاهده‌گری به ما از فیزیک درون ستارگان می‌گوید و اینکه چرا ستارگان نامزد فیزیک انرژی بالا هستند. در بخش بعدی نشان داده چگونه فیزیک ریزمقیاس و قانون‌های حاکم بر ذرات در دل ستارگان و در مرکز ستارگان رفتار بزرگ‌مقیاس را رقم می‌زنند. «ژرژ ارنستو هورواث»، نویسنده کتاب، واکنش‌های هسته‌ای در مرکز ستارگان، چه ستارگان خورشیدگون میان‌جرم باشند و چه ستارگان بسیار بزرگ را نه‌چندان طولانی معرفی کرده است. او خاستگاه بن‌پارها یا عنصرها را نشان داده که از ستارگان سرچشمه می‌گیرند. در پایان هم فرگشت ستاره‌ای را در دو رده کلی از ستارگان کم‌جرم و پرجرم بررسی کرده است. این فصل به عبارتی نخستین گام برای اخترفیزیک هسته‌ای است.

فصل پنجم به ابرنواخترها اختصاص دارد و جا دارد یادی کنیم از یکی از استادان نامدار نویسنده این مقاله، زنده‌یاد پروفسور «شاون بیشاپ» که پژوهشگر درجه ابرنواخترها بود و درباره‌اش در صفحه علم روزنامه «شرق» به بلندی و رسایی نوشتیم. این فصل نخست طبقه‌بندی و گونه‌های متفاوت ابرنواختر را معرفی کرده است. سپس رمبش گرانشی ابرنواخترها را بررسی کرده که بخش مهمی از درک سازوکارشان است. ابرنواخترهای گرماهسته‌ای یکی از موضوع‌های اساسی این فصل است. بد نیست بدانید واژه گرماهسته‌ای به‌جز ابرنواخترها در جنگ‌افزارهای هسته‌ای هم به کار می‌رود. موضوع هیجان‌انگیز دیگر این فصل که جایزه نوبل هم در آستین خود دارد، گونه ابرنواختری یک-اِی (Ia) است. او در ادامه ابرنواخترهای ابردرخشان را که به فانوس‌های کیهانی هم شهره‌اند، معرفی می‌کند. نخست نشان می‌دهد که چرا این ابرنواختران به اخترفیزیک انرژی بالا ربط دارند و سپس داستان گسترش بازمانده ابرنواختری در فضای میان‌ستاره‌ای یا محیط اندراختری را روایت می‌کند. ابرنواختران هرچند بسیار حرف برای گفتن دارند، اما نویسنده در این کتاب به‌خوبی توانسته بدون افتادن در دام معادلات و محاسبات چنان بنویسد که خواننده برای خواندن کتابی درباره ابرنواختران آماده شود.

فصل ششم کتاب هم به بخش شورانگیزی از اخترفیزیک مدرن قرن بیست‌ویکی پرداخته است. به مبحث اجرام فشرده یا به زبان پرسون‌تر و دانشی‌تر: برآخت‌های هَمپَک. واژه compact را فشرده ترجمه کرده‌اند که نادرست نیست، اما واژه «هَمپَک» بسیار درست‌تر است؛ زیرا بار و معنای فیزیکی را با خود دارد. ما در این مقاله از واژه پرتکرار فشرده استفاده می‌کنیم، اما اهل فن بدانند همپک درست‌تر و فیزیکی‌تر است. فصل ششم با چگونگی شکل‌گیری اجرام فشرده شروع می‌شود؛ اینکه تعریف درست جرم فشرده در اخترفیزیک چیست و از کجا پدیدار شده‌اند. نخستین نامزد کوتوله‌های سفید هستند که از دیدگاه نپاهشی یا مشاهده‌ای و نظری بررسی شده‌اند. کوتوله‌های سفید از کجا آمده‌اند؟ ماده فشرده یا همپک‌شده در چه رژیم فیزیک قرار دارد؟ حد چاندراسخار و مرحله‌های سردش با تبرید و کریستالی‌شدن در کوتوله‌ها چگونه است؟ بخشی از فصل ششم پاسخ این پرسش‌هاست. بخش بعدی ستارگان نوترونی و تپ‌اخترها یا تپارها هستند. نخست نگره‌های پیشتازانه را معرفی کرده است. سپس به چگونگی نوترونش در چگالی‌های بسیار بالا پرداخته و معادلات ساختار ستارگان در چارچوب‌های نسبیتی را بررسی کرده است. سپس مدل‌های ستاره‌ای فشرده را با نپاهش‌ها یا مشاهده‌ها و داده‌ها مقایسه کرده است. پایان‌بخش این فصل سیاهچاله‌ها هستند که به مسائل امروزی آن مانند عکس‌گرفتن از آن هم پرداخته شده است.

فصل هفتم درباره یک فراروند مهم در اخترفیزیک با نام «برافزایش» است. واژه هم‌سنگ دیگر برای برافزایش، «فَربال» است که هرچند درست است اما هنوز ناآشناست. بگذارید نخست برافزایش را به‌سادگی تعریف کنم: فراروندی که در آن جرم اخترشناختی و به‌ویژه ستاره در حال فرگشت، در یک سامانه دوتایی، از فروریزش ماده از بیرون که به سبب گرانی است، دچار انبارش ماده می‌شود. برخی از نظریه‌های اخترفیزیک حکایت از آن دارند که سیاره‌های سامانه با راژمان خورشیدی از برافزایش رشدیابنده پدید آمده باشند. برخی از ستارگان را چیزی احاطه کرده که به آن «قرص برافزایشی» می‌گویند که در فصل هفتم بسیار به آن پرداخته شده است. این فصل به فیزیک سامانه‌های دوتایی-برافزایشی کم‌جرم و پرجرم پرداخته و در کنار آن به سامانه‌هایی که یکی از دوتایی‌ها سیاهچاله است هم اشاره کرده است.

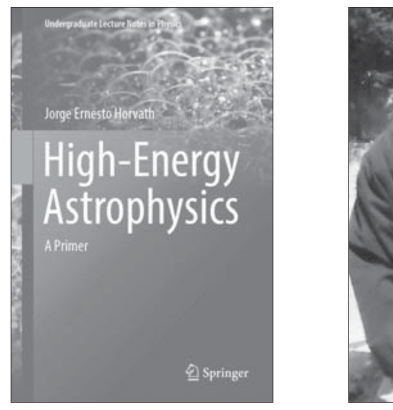
فصل هشتم کوتاه است و به هسته‌های کهکشانی ژیرا یا فعال پرداخته است. اگر بخواهیم هسته کهکشانی ژیرا یا فعال را تعریف کنیم، می‌توان چنین گفت: ناحیه‌ای فشرده یا همپک در مرکز برخی کهکشان‌ها که درخشندگی‌اش بیش از آن است که با درخشندگی جمعیت‌های ستاره‌ای تبیین شود. مرکز چنین کهکشان‌هایی تابش‌های پرانرژی و گسیل امواج الکترومغناطیسی با شدت زیادی دارد. این فصل درباره این برآخت‌های شگفت اخترشناسی است و با داستان کشور اختروش یا اخترنما آغاز می‌شود. گونه‌های مختلف هسته‌های کهکشانی ژیرا را معرفی می‌کند و به مسئله هم‌تشکیل ساختارهای دارای هسته‌های فعال در گیتی می‌پردازد. این نکته را یادآور شویم که پرسش‌های باز بسیاری در این بخش از اخترشناسی نهفته است که جیمز وب رازهای بسیاری را خواهد گشود.

فصل نهم به اخترفیزیک نوترینویی می‌پردازد که بیشتر وقت‌ها به آن اخترفیزیک نوترینو می‌گویند، اما ترکیب درست‌تر نوترینویی است. پیش از پرداختن به گوشه‌هایی از این فصل بگویم که یکی از پژوهشگران نامدار در سطح جهان، یاسمن فرزان است که سال‌های درازی را به فیزیک نوترینو پرداخته و در این کار خبره است و پر از مقالات درجه‌یک. این فصل به سه موضوع اصلی نوترینوها در اخترفیزیک پرداخته است: نخست ماهیت زاستاری یا طبیعی نوترینوها و چگونگی آشکارسازی‌شان، دیگری چشمه نوترینویی که خورشید خودمان است و آخرین مسئله هم چشمه نوترینویی ابرنواختر ۱۹۸۷-اِی است.

فصل دهم به امواج گرانشی اختصاص دارد که یکی از پیش‌بینی‌های نسبیت عام اینشتین است. ساده‌ترین تعریف از موج گرانشی چنین است: موج پیش‌رونده حامل انرژی گسیلی از جرم شتاب‌دار و به زبان دیگر حرکت موج‌گون در میدان گرانشی هنگام شتاب‌دارشدن ماده. این تعریف بسیار دم‌دستی است، اما تفاوت میان امواج گرانشی با الکترومغناطیسی را مشخص می‌کند. در این فصل ابتدا فیزیک مقدماتی تابش گرانشی بررسی شده است؛ سپس چشمه‌های موج گرانشی در اخترفیزیک که زیرمجموعه برآخت‌های انرژی بالا است، معرفی شده‌اند. موضوع مهم بعدی آشکارسازهای موج گرانشی است و آخرین و هیجان‌انگیزترین موضوع چگونگی ادغام ستاره نوترونی و سیاهچاله است. فیزیک حاکم بر آن، پدیده‌هایی که انتظار داریم مشاهده کنیم و چگونگی آشکارسازی آن.

فصل یازدهم درباره فوران‌های پرتوگاماست. اینکه این فوران‌ها در چه مسافتی از ما قرار دارند و آیا به راستی این‌چنین دور هستند! مدل‌های گوناگون فورانی و محاسبات آنها، همچنین چگونه ناپیدا شدن یا مشاهده‌کردن آنها از موضوعات این فصل و موضوعات داغ اخترفیزیک نوین است.

فصل پایانی کتاب به پرتوهای کیهانی پرداخته است. نویسنده نام جالبی برای پرتوهای کیهانی برگزیده است: پیام‌آورانی از بزرگ‌ترین شتاب‌دهنده‌های گیتی. به‌راستی هم چنین است. این فصل به خاستگاه پرتوهای کیهانی می‌پردازد و از دریچه پدیده‌شناختی آن را بررسی می‌کند. در پایان نویسنده با معرفی چند پدیده مرتبط با پرتوهای کیهانی به اخترشناسی انرژی-فرابالا خوشامد می‌گوید. پایان‌بخش کتاب پرسش‌ها هستند. اگر این پرسش‌ها را حل نکنید، روشن نخواهد شد که چقدر آموخته‌اید. برای حل پرسش‌ها وقت بگذارید و اگر همراهی اهل دانش دارید با او درباره‌شان گفت‌وگو کنید. بگذارید این بخش را با این جمله ساکورایی تمام کنم که اگر کسی کتابی را بخواند اما نتواند پرسش‌هایش را حل کند، درواقع چیزی یاد نگرفته است.



ویژگی‌های کتاب

نخستین ویژگی خوب کتاب بیان روان و ساده است. نویسنده خیلی شفاف و به دور از ابهام‌افزایی و پیچیده‌گویی مطالب را شرح داده. کتاب روی بِگرت‌ها یا مفاهیم فیزیک خوب درنگ کرده و سرسری رد نشده است. نویسنده خوب می‌داند دانشجوی کارشناسی چه مطالبی را سخت خواهد فهمید؛ بنابراین ساده و روشن نوشته است. پراکندگی مطالب کتاب خیلی خوب است. بیش از ۱۰ برآخت مهم اخترفیزیکی را بررسی پرسون کرده است. همچنین میزان مطالب هر فصل مناسب و متناسب است. چون نویسنده در تدریس بسیار تواناست، می‌داند که هر فصل چقدر باشد که هم استاد بتواند درس بدهد و هم دانشجو وقت بگذارد و بخواند. کل کتاب ۳۰۰ صفحه هم نیست. یک خوبی دیگر کتاب هم تمرین‌هایش است. کتاب ۷۵ تمرین دارد، اما تمرین‌های جان‌دار و استخوان‌دار. دانشجویانی که تمرین‌ها را حل کنند می‌توانند یک قدم جلوتر رفته و درک خوبی نسبت به مقاله‌های پژوهشی به دست آورند. کتاب به‌اندازه کافی عکس رنگی و شکل و نمودار و جدول دارد که هم آموختن را آسان‌تر می‌کند و هم انگیزه خواندن را بالا می‌برد. این کتاب‌ها را با کتاب‌های اخترفیزیک که نیم‌قرن پیش نوشته می‌شد، قیاس کنید، به خوبی درمی‌یابید که نرم و لطیف نوشتن سکه رایج دانش امروز است که شامل این کتاب هم می‌شود. ریاضیات کتاب در حدی است که دانشجویان با دانستن ریاضیات پایه و معادلات دیفرانسیل به‌راحتی از عهده دیسول‌ها یا فرمول‌های آن برمی‌آیند.

کتابی مناسب برای ایران

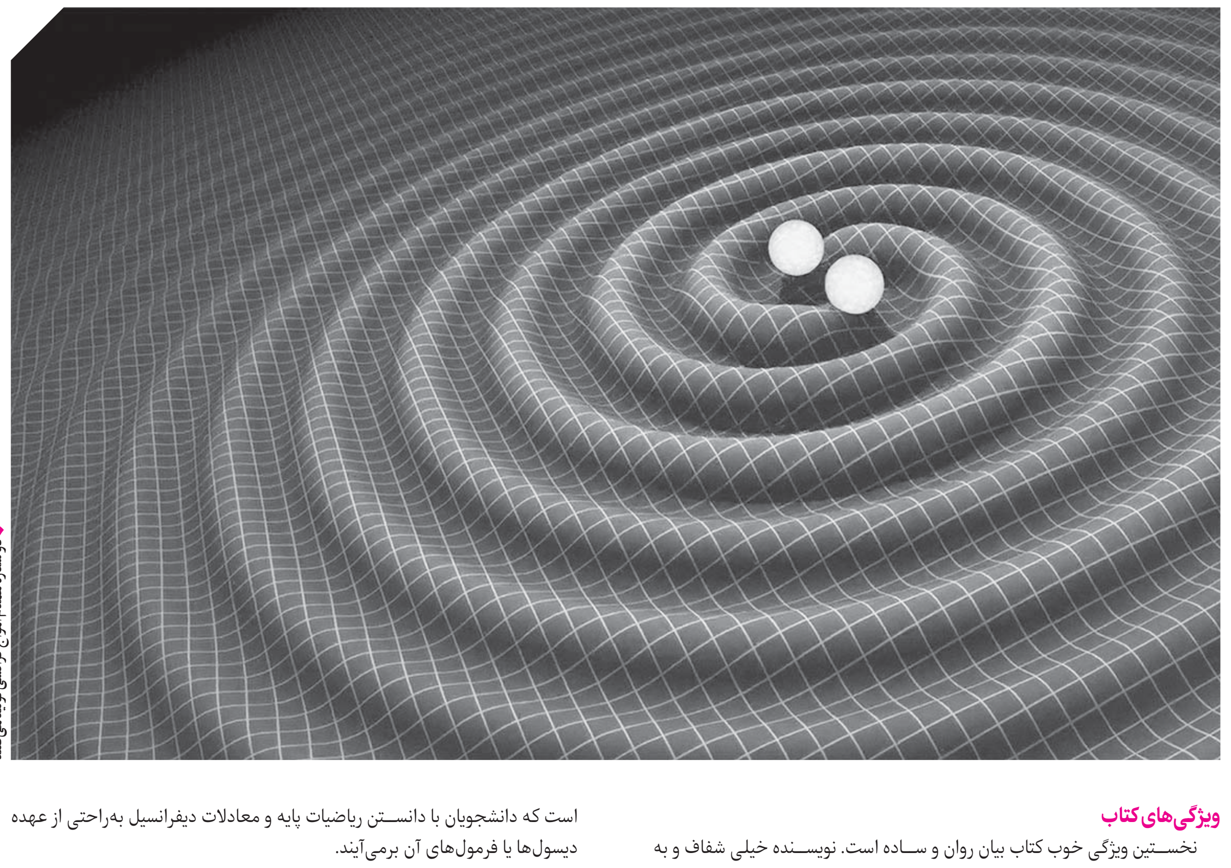
همان‌طور که گفتم این کتاب در مجموعه «فیزیک برای دوره کارشناسی» چاپ شده است. این مجموعه کتاب‌های زیادی دارد، اما چرا این کتاب برای ایران مناسب است؟ پاسخ این است که در حال حاضر دانشجویانی که می‌خواهند در کارشناسی‌ارشد و دکترا روی اخترفیزیک انرژی بالا کار کنند، رو به فزونی است؛ بنابراین برای این کار کتابی لازم است و ای‌کاش مترجمی کاربلد و دلسوز پیدا شود که این کتاب را به فارسی برگرداند. در ایران برخی استادان در کلاس‌های درس بخش‌هایی از اخترفیزیک انرژی بالا را درس می‌دهند و شایسته است کتابی مستقل برای تدریس باشد. کتاب‌های اخترفیزیک برای دوره‌های دانشگاهی در ایران تا حد زیادی مشابه‌اند و روند تدریس تکراری شده است. می‌توان از چنین کتابی برای تدریس در دوره کارشناسی برای دو ترم متوالی استفاده کرد. نه اینکه نشود کتاب را در یک ترم درس داد، می‌شود، به‌راحتی هم می‌شود؛ فصل‌ها کوتاه‌اند و کل کتاب ۷۰ تمرین دارد، اما با توجه به واقعیت‌های موجود می‌شود در دو ترم درس داد. در پایان این بخش بگذارید نکته‌ای را هم یادآور شوم. اخترفیزیک درسی است که باید در سال پایانی دوره کارشناسی ارائه شود تا دانشجویان به حد کافی از پیش‌زمینه‌های لازم برخوردار باشند؛ فیزیک هسته‌ای و فیزیک مدرن و کوانتوم و درس‌های پایه را آموخته باشند. در ایران سنت اشتباهی رواج یافته که استادان برای نمونه از درس فیزیک مدرن که بین ۱۵ تا ۲۰ مبحث یا فصل مهم دارد، کمتر از نیمی از آن را درس می‌دهند. در مابقی درس‌ها هم چنین است. از هر کتابی که مرجع آن درس است، چند فصل را بیشتر درس نمی‌دهند. نتیجه آنکه دانشجویان، نیاموخته‌هایشان خیلی بیش از آموخته‌هایشان است. بعد وقتی این دانشجویان با اشتیاق درسی همچون اخترفیزیک انرژی بالا را برمی‌گزینند، هم خودشان به دردسر می‌افتند چون پیش‌نیاز لازم را ندارند و هم استادی که درس می‌دهد دچار سردرگمی خواهد شد. جان کلام اینکه چنین کتابی برای دانشجویان ایرانی کیمیاست اگر درست بخوانند.

چگونه این کتاب را بخوانیم

شاید پرسشی که ذهن خوانندگان و به‌ویژه مشتاقان اخترفیزیک انرژی بالا را مشغول کند، این باشد که چگونه این کتاب را بخوانند. در این بخش به کوتاهی برای چند گروه از مخاطبان این کتاب راهکار را خواهم گفت. این کتاب ۱۲ فصل است؛ بنابراین اگر قصد دارید این کتاب را برای دوره کارشناسی‌ارشد تدریس کنید، با کمی هوشمندی می‌توان کل کتاب را در یک ترم درس داد. هر فصل کتاب را در یک جلسه تدریس کنید و سه جلسه را به حل پرسش‌های پایانی بپردازید. این کتاب برای دوره کارشناسی نوشته شده است، اما با خود روراست باشیم. این کتاب فراتر از سطح متوسط دانشجویان کارشناسی فیزیک کشورمان است. افسوس‌مندانه هر سال بیش از پیش سطح دانشی دانشجویان علوم پایه افت می‌کند و شاهد آن کاهش چشمگیر انتخاب رشته‌های علوم پایه در دانشگاه است. اگر دانشجوی کارشناسی هستید و می‌خواهید این کتاب را بخوانید، می‌توانید هر ماه یک فصل را کامل بخوانید و اگر از دوستداران اخترفیزیک هستید، کتاب را بدون توجه به دیسول‌ها یا فرمول‌ها بخوانید؛ اما ممکن است برخی چیزها را درنیابید.

درباره نویسنده

اگر بخواهم خیلی کوتاه درباره «ژرژ ارنستو هورواث» بگویم، او اخترفیزیک‌دان نازنینی است. این را در گفت‌وگوهایی که با او داشتم، دریافتم. «هورواث» اخترفیزیک‌دان نظری-محاسباتی در دانشکده اخترشناسی دانشگاه سائوپالوی برزیل است. این نکته را بیفزایم که برزیل ازجمله کشورهایی است که برای رسیدن به قله‌های پژوهشی اخترشناسی خیز برداشته و مدتی است به دلیل مشکلات دانشجویان ایرانی برای سفر به غرب، پایگاه خوبی برای تحصیلات تکمیلی ایرانی‌ها در دانش‌های زاستاری همچون فیزیک و اخترشناسی شده است. «هورواث» دوره دکترای فیزیک را بین سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۸۹ م. تمام کرده است؛ یعنی دو سال پایانی جنگ ایران و عراق و دو سال منتهی به آتش‌بس؛ جنگی که روی کاغذ در چنین روزهایی، یعنی ۲۹ مرداد ۱۳۶۹ تمام شد. او پس از آن دوره‌هایی را در غرب و کشورهای آمریکای لاتین همچون آرژانتین سپری کرد و از سال ۱۹۹۲م. تاکنون استاد دانشکده فیزیک و اخترشناسی در برزیل است. «هورواث» روی اخترفیزیک انرژی بالا کار می‌کند و روی ترکیب‌هسته‌ای یا سنترهسته‌ای در فراروندهای ستارگان ابرپرجرم. همچنین در اخترزیست‌شناسی هم کارهای خوبی انجام داده است. «هورواث» اخترفیزیک‌دانی پرکار و دست‌به‌قلم است؛ هم مقاله‌های پژوهشی زیادی دارد و هم یادداشت‌های دانشی بسیاری چاپ کرده. اهل برگزاری سمینار است و دانشجویان خوبی تربیت کرده است.



دوستاره همدم امواج گرانشی تولید می‌کنند