

□ عدنان شهاب‌الدین

در دهه‌های اخیر پیشرفتهای عمده‌ای در فیزیک صورت گرفته است که بیشتر آنها نتیجه توسعه کاربرد ماشینهای پژوهشی بزرگ و گرانبه است. همکاری کلیدی است برای توسعه هرچه بیشتر، و سازمانهای بین‌المللی نقش خاصی ایفا می‌کنند تا اطمینان دهند که در طرحهای مبتنی بر همکاری و تربیت افراد شاغل، پای کل جامعه فیزیک - به یکسان در کشورهای پیشرفته و در حال پیشرفت - در میان است.

* * *

در مقاله‌ای چنین کوتاه مروری هر قدر هم مختصر بر تاریخچه رشته‌ای که به من مربوط می‌شود امکانپذیر نیست، اما اشاره به این نکته کافی است که فیزیک در حقیقت یکی از نخستین فعالیتهای فکری آدمی بوده است که از سپیده دم تمدن، یعنی آنگاه که انسان برای نخستین بار به تأمل و تفکر در محیط پیرامون خویش آغاز کرده، تاکنون ادامه داشته است. جهان پیرامون از چه ساخته شده است و آدمی چه نسبتی با آن دارد؟ اینها از جمله سؤالاتی است که انسان از خود می‌پرسید و هنوز هم می‌پرسد. فیزیک از آن زمان - و هنوز هم - مربوط بوده است به آدمی، به عنوان ناظر، و جهانی که در آن بسر می‌برد. فیزیک در آغاز بخش جدایی‌ناپذیری از حکمت طبیعی بود؛ اما اینک تنوع شگرفی یافته و با تمام رشته‌های

علمی ارتباطات پیچیده و بنیادینی ایجاد کرده است، و تأثیر آن در اکثر جنبه‌های زندگی ما احساس می‌شود. گفته می‌شود که فیزیک اساس همه علوم طبیعی است. فیزیک، شاید بیشتر از هر رشته دیگری، دارای ارتباط خاصی با اکثر علوم دیگر است، و می‌توان نقش اصلی آن را در بیشتر صنایع و تکنولوژیهای امروزی دید. فیزیک رابطه‌ای تنگاتنگ با شیمی، زیست‌شناسی، علم مواد، علوم زمین و سیارات، پزشکی و مهندسی دارد. به سبب این اهمیت و نفوذ فیزیک، بسیاری از رشته‌ها با وابستگی هرچه بیشتر به فیزیک، از حیث نظریه و روش، هویت خود را از دست می‌دهند.

از آغاز، پرسشهای اساسی‌ای که ذهن فیزیکدانها را به خود مشغول می‌داشتند بدین قرار بودند: آیا نظمی طبیعی در جهان پیچیده‌ای که ما در آن بسر می‌بریم حکمرا است؟ جهان مادی از چه ساخته شده و بر تأثیر متقابل پیچیده میان اجزای درشت و ریز این جهان همواره تکامل یابنده چه چیزی حاکم است؟ فیزیکدانها همیشه بر آن شده‌اند که پاسخهایی دقیق و ساده برای این‌گونه پرسشها پیدا کنند.

با شروع قرن بیستم، سرعت انجام کارهای بزرگ در فیزیک فزونی یافت. نخست، آینشتاین، بر اساس کار یک نسل از فیزیکدانهای برجسته سده نوزدهم، نظریه

نسبیت خاص را پرورد و دیری نکشید که نظریه عام را به دنبال آن عرضه کرد: اینها کارهای فکری بزرگ و مهمی بودند که نگرشهای ما را درباره فضا و زمان به نحوی بنیادی و چشمگیر دگرگون ساختند. گروه زیادی از فیزیکدانان نامدار در آن زمان در پروردن مکانیک کوانتومی تلاشهایی بخرج دادند؛ این علم بنیادیترین مفهومیها را در مورد اندازهگیری از بن تغییر داد و چارچوب خارقالعادهای برای نمایش دادن واقعیت فیزیکی عرضه کرد، و بدین سان راه را برای فهم ما از ساختار اتمها، مولکولها، و جامدات هموار ساخت. اکنون تصدیق می شود که مکانیک کوانتومی نه تنها در فیزیک بلکه در شیمی، زیستشناسی، و دیگر علوم نقش اساسی دارد، و به پیدایش صنایع جدیدی از قبیل نیمرساناها و ارتباطات نوری انجامیده است. نمونه بارز آن اختراع ترانزیستور است که در ساخته شدن کامپیوترهایی که به دگرگون ساختن تمدن ما این همه کمک کرده اند مؤثر بود، درست مثل انقلاب کشاورزی و انقلاب صنعتی در اعصار گذشته.

دستاوردهای اخیر و نتایج برجسته

نیاز به گفتن نیست که محدود بودن صفحات به من اجازه نخواهد داد که همه دستاوردهای مهم اخیر در همه رشته های فرعی فیزیک را برایتان برشمارم. بنابراین، فقط به ذکر نمونه های برگزیده ای در برخی حوزه های اصلی اکتفا می کنم.

فیزیک ذره ای

بعد از آشفتگی ناشی از کشف صدها «ذره بنیادی» در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، شایان توجه است که اینک نظریه ساده ای داریم که ماهیت اصلی ماده و انرژی و تبدیل آنها را به هم می پیوندد. مدل استاندارد از عالم عرضه شده است که جهان را به عنوان چیزی متشکل از دو دسته ساده اجزای بنیادی توصیف می کند: کوارکها (که سازنده نوکلئونها و هسته های اتمی اند)، و لپتونها (که الکترون شناخته شده ترین آنها است)؛ اینها اتمها و مولکولها را تشکیل می دهند و بنابراین شالوده کل شیمی و زیستشناسی به شمار می روند.

برطبق این مدل استاندارد، کوارکها و لپتونها به یکدیگر پیوند دارند و از طریق دسته دیگری از ذره ها،

یعنی بورونهای میدان پیمانه ای، از قبیل فوتون، ذره های W و Z و گلوئونها، بر هم تأثیر متقابل دارند. نیروهای متنوع طبیعت اینک به سه نیروی اصلی تحویل شده است: نیروی الکترو ضعیف، نیروی قوی - که هردو اینها در چارچوب میدان پیمانه ای توصیف می شوند - و نیروی گرانشی. درحقیقت، به نظر می رسد که امکان وحدت بزرگ همه نیروهای طبیعت در آینده ای نه چندان دور قابل حصول است. از بیان این نکته صرف نظر نمی توان کرد که فیزیک ذرات بنیادی و کیهان شناسی به یکدیگر نزدیک می شوند، و هر یک به تبیین دیگری کمک می کند، و هردو نوید می دهند که رؤیاهای فیزیکدانان و فیلسوفان را از سپیده دم تمدن تحقق بخشند.

به رغم این توفیقه های شایان توجه مدل استاندارد، در جست و جویی که فیزیکدانان برای دست یافتن به «نظریه همه چیز» به عمل می آورند پرسشهای زیادی باقی مانده است. تعدادی از آن پرسشها بدین قرارند:

- منشأ جرم چیست، و چه چیزی جرمهای ذرات بنیادی مختلف را تعیین می کند؟

- آیا بوزونهای هیگز - که وجودشان در تبیین شکست تقارن فرض می شود - کشف خواهند شد؟

- آیا نسلهای دیگری از کوارکها و لپتونها وجود دارند که هنوز کشف نشده باشند، و آیا فیزیکدانان باز هم از لایه دیگری از ذره های بنیادی تر پرده برخواهند داشت؟

- آیا هنوز نیروهای کشف نشده دیگری در طبیعت وجود دارند؟

- آیا مفهومی نظری مانند «تکنی کالر» و «آبرتقارن»

صحیحند؟ آیا فیزیکدانان ذرات فرضی ابرتقارن را خواهند یافت؟ آیا ما به «نظریه همه چیز» خواهیم رسید؟

آیا نظریه ابررسمانها آخر و عاقبتی خواهد داشت؟ اگر اینها همه به حقیقت پیوندد، به هیچ روی بدان معنی نیست که فیزیک به پایان رسیده است - به هیچ وجه، چنان که بعداً خواهیم دید.

فیزیک هسته ای

در چند دهه اخیر صدها ایزوتوپ جدید کشف، بررسی و توصیف شده اند؛ چندین عنصر جدید سنتز شده اند، و نحوه های جدید واپاشی برای نخستین بار مورد مشاهده قرار گرفته اند. شیوه های جدید تحریک هسته ای انجام و بررسی شده اند، از جمله تحریک بسیار شدید

فيزيك ماده چگال

در این رشته از فیزیک، میزان کشفها و دستاوردها فوق العاده زیاد است، و شاید تنها دلیل این امر تأثیر فراگیری باشد که آنها در جامعه و پیشرفت آن داشته اند، و در آینده نیز خواهند داشت. برای تشریح این نکته می توان فقط به ذکر چند نوآوری فنی مهم اکتفا کرد که امروزه در جدیدترین ابزارهای الکترونیک متداولند، از جمله ترانزیستور، آهنرباهای ابر رسانشی، لیزرهای حالت جامد و صفحه نمایش مایع.

از میان مهمترین دستاوردها و کشفهای اخیر در این رشته، به بارزترین نمونه های زیر اشاره می کنیم:

مواد با ساختار مصنوعی. با به کار بردن برآرایی (= اپیتاکسی) باریکه مولکولی، که از طریق آن می توان مواد جدیدی به صورت مولکول ساخت، و همچنین ته نشینی بخار فلزی، اکنون ساختن فلزات و نیم رساناهای مصنوعی مختلف که برای طراحی مدارهای یکپارچه و تولید کامپیوترها اهمیت زیاد دارند امکان پذیر است.

ابرسانایی دمای زیاد. این کشف خطیری که در چند سال گذشته صورت گرفته است نوید تأثیرات گسترده و مهمی را می دهد که دامنه آنها از تبدیل انرژی و انتقال نیرو تا سیستمهای حمل و نقل و بسیاری امور دیگر گسترده است.

میکروسکوپی اتمی. پیشرفت مهم دیگر در این رشته عبارت بوده است از بسط شیوه های مختلف مجسم ساختن اتمهای منفرد. قابل توجه ترین و مشهورترین نمونه عبارت است از میکروسکوپ تقطیعی تونلی در خلأ، که اخیراً برای تهیه نخستین تصاویر قطعات سازنده مولکول DNA (اسید نوکلئیک) مورد استفاده واقع شده است.

یکی از کلیدهای گسترش و پیشرفت شتابان در فیزیک ماده چگال، بسط سریع و نوآوریهای بوده است که در چند سال اخیر در زمینه روشهای آزمایشی صورت گرفته است. برای نمونه، چشمه های تابش سنکروترون نقشی محوری در بسیاری از این پیشرفتها ایفا کرده اند و نسل تازه ای از چشمه های تابشی پیشرفته سنکروترون فعلاً ساخته یا طرح ریزی می شود، و امید می رود که توسعه و پیشرفتی باز هم سریعتر در این رشته فرعی مهم پدید آید.

اسپینی و هسته های فوق العاده تغییر شکل داده، اکنون توانایی ساختن ماشینهایی در میان است که باریکه های شتابداری از هسته های رادیو اکتیو فراهم آورند که دانشمندان فیزیک هسته ای را قادر خواهد کرد که هسته های بیگانه تری را سنتز و بررسی کنند، و حوزه های غنی و تازه ای را که امروزه قابل دسترسی نیستند به دقت بررسی کنند.

از جمله کشفهای مهم اخیر که می توانیم به آنها اشاره کنیم تشخیص و تعیین چندین مد جدید ارتعاش هسته ای است، بخصوص مدهائی که فیزیکدانان را قادر کرد که نخستین اندازه گیریها را درباره تراکم پذیری ماده هسته انجام دهند؛ کاری که قبلاً عملی نبود. آزمایشهای مربوط به پراش الکترونهای پرانرژی میزان بی سابقه ای از جزئیات هسته را در محدوده تفکیک نوکلئونهای منفرد آشکار کرده و، هر قدر ابتدایی، به ساختار کوارکی نوکلئونها دلالت داشته است. بتدریج معلوم می شود که باریکه های یون سنگین برای درک دینامیک هسته ای اهمیت خاصی دارند. اخیراً، قابلیت دسترسی به پرتابه های یون سنگین نسبی (در برکلی، CERN [شورای اروپایی تحقیقات هسته ای]، و غیره) به فیزیکدانها اجازه داده است که به بررسی نظام غایی هسته بپردازند که برای درک مهمترین فرایندهای عالم، از قبیل فرآیندهائی که در نخستین یک میلیونم ثانیه آفرینش روی داده اند با فرآیندهائی که در رمبش ستاره ها رخ می دهند، اهمیت دارند. این امر راه را برای امکان به وجود آوردن یک پلاسمای کوارک-گلوئون که وقوع آن در برخوردهای فوق نسبی بین یونهای سنگین پیشینی می شود گشوده است.

فیزیک هسته ای، بنا به ماهیتی که دارد، تأثیرات متقابل بی واسطه ای با سایر رشته های فیزیک، از قبیل فیزیک ذرات بنیادی و اختر فیزیک دارد. علاوه بر این، ابزارها و شیوه های فیزیک هسته ای غالباً به کاربردهای شگفت انگیز و مهمی در پزشکی و فناوری (= تکنولوژی) انجامیده اند که می توان به دو نمونه مهم توجه کرد: تصویربرداری تشدید مغناطیسی^۱، و استفاده از یونهای سنگین برای درمان سرطان. و بالاخره، نباید از یاد ببریم که به کمک فیزیک هسته ای استحصال نیروی هسته ای ممکن می شود، که منبع انرژی دیگری است که در تأمین انرژی بسیاری از کشورها - به رغم موانعی که هنوز هم کاربرد آن را محدود می سازند - نقش بسزائی ایفا

در میان یکایک فیزیکدانان در شکل‌های مختلف سهولت بخشیده است: از دیدارها و مبادله‌های علمی کوتاه مدت و دراز مدت گرفته، تا مشارکت در گردهمایی‌های علمی منطقه‌ای و بین‌المللی، و تا همکاری مهم مشترک در مورد برنامه‌ها و طرح‌های پژوهشی خاص. تنها محدودیتی که تاکنون مشاهده شده فقدان پشتوانه مالی کافی و گاه مقررات و قرطاس بازیهای دولتی بوده است.

فیزیکدانان کشورهای درحال توسعه، بخصوص فیزیکدانان جوانتر، که به تماسهای خارجی و عرضه کارهای خود بیشتر نیاز دارند، نتوانسته‌اند به نحوی کافی از این فضای باز و حمایت‌کننده جهانی بهره‌مند شوند: این امر چند علت دارد، که از جمله آنها محدودیتهای شدید در دریافت کمک مالی از مؤسسات داخلی کشورهای آنان، ایجاد ممنوعیت سفر از جانب دولت، بار سنگین تدریس و فقدان ابزارها و تسهیلات کافی پژوهشی در مؤسسه‌های داخلی آنان است. مرکز بین‌المللی فیزیک نظری^۲ که با تلاشهای مشترک یونسکو، سازمان بین‌المللی انرژی اتمی^۳ و با تکیه بر پشتیبانی سخاوتمندانه دولت ایتالیا و مسؤولان محلی تریسته تأسیس شد، و به همت همین مراکز و مسؤولان اداره می‌شود، نمونه درخشان و موفقی است از این که چگونه جامعه بین‌المللی می‌تواند برای بهتر کردن این وضع به همکاری بپردازد. این مرکز، به رغم استطاعت مالی محدود و مقررات خشک، برای دهها هزار فیزیکدان جوان از کشورهای درحال توسعه زمینه آن را فراهم کرده است که به نحوی سودمند به پهنه پژوهش جهانی فیزیک پیوندند. در این زمینه، بیش از همه باید از رهبری لایق، بینش و تعهد مدیر برجسته این مرکز، یعنی پروفیسور عبدالسلام، سپاسگزاری کرد.

نیازی مبرم وجود دارد که منابع در دسترس این مرکز افزایش یابد و عرصه این شکل همکاری چندان گسترده شود که رشته‌های فرعی فیزیک تجربی را نیز دربرگیرد. از طریق شیوه‌های متداول همکاری بین‌المللی یا از طریق شیوه‌های جدید ابداً همراه با ایفای نقشها یا اشتراك مساعی میان سازمانهای بین‌المللی از قبیل یونسکو و کشورهای درحال توسعه و نیز با برعهده گرفتن تعهدی از جانب جامعه فیزیک جهانی می‌توان به این هدفها نایل شد.

همکاری در زمینه تجهیزات بزرگ پژوهش

اما در مورد آینده، کافی است اشاره شود که - به رغم کارهای بزرگ فراوان - که برخی از آنها را در بالا نام برده‌ام، ما هنوز از بسیاری خواص ماده چگال بی‌خبریم. فیزیکدانها خواص اساسی ماکروسکوپی جامدات را مشخص ساخته و درک کرده‌اند و فیزیک سیستمهای میکروسکوپی ساده را بخوبی می‌شناسند. در این میان ما توانسته‌ایم به نقشه‌برداری از این سرزمین وسیع و ناشناخته بپردازیم که موفقیتهای عظیمی را نوید می‌دهد. هیجان، خشم، اختلاف عقیده، و اشتباه‌کاریهای اخیر در مورد ادعای همجوشی سرد دوتریوم در الکترودهای پالادیوم یا تیتانیوم تصویر خوبی برای تجسم این نکته است. با این حال، اثبات این ادعاهای مربوط به همجوشی سرد، که باید موانع غیرمنتظره‌اش از سر راه برداشته شود، ممکن است محتمل باشد.

دستاوردها در سایر رشته‌های فرعی فیزیک

در سایر رشته‌های فرعی فیزیک نیز پیشرفت سریع و کارهای بزرگ چشمگیری صورت پذیرفته است. برای مثال، در نورشناسی (اپتیک) می‌توان به توسعه مداوم لیزرهای قابل کواک قوی و متنوع‌تری که تأثیرشان در صنعت، پزشکی، ارتباطات نوری، و محاسبات نوری دامنه وسیعی دارد اشاره کرد. در فیزیک همجوشی و پلاسما قدمتهای خطیری در مورد فراهم کردن شرایط آغاز واکنش در راکتورهای همجوشی با استفاده از وسایل و ماشینهای بزرگ در برخی مراکز پژوهش ملی و منطقه‌ای برداشته شده است. در زمینه اختر فیزیک رصد آبرنواختر ۱۹۸۷ A در زمره دستاوردهای درجه اول فیزیک در این دهه است. این فهرست را می‌توان همچنان ادامه داد.

همکاری در فیزیک: اندیشه‌هایی درباره فرصتها

و دورنماها

فیزیک، شاید بیش از هر رشته علمی دیگری، از فضای راستین آزادی و تعهد و علاقه صادقانه به همکاری در میان اعضای جامعه فیزیک برخوردار بوده، و از برکات شگرف آن بهره گرفته است. امروزه پیوند دوستی خاصی در سرتاسر جامعه جهانی فیزیک به وجود آمده است؛ این امر - با چند مورد استثنایی - به مبادله آزاد عقاید و انتقال نتایج علمی کمک کرده، و همکاری معنی دار و سودمند را

کلام آخر این که مایلیم اشاره کنم که برای برداشتن قدمهای عملی به منظور تعمیم قابلیت‌های نیرومند شبکه‌های ارتباط علمی، از قبیل Bitnet، به دانشمندان کشورهای درحال توسعه نیاز مبرمی وجود دارد. درباره این موضوع باید با سازمانهای ملی، منطقه‌ای، و بین‌المللی مربوط به عنوان موضوعی که از اولویت خاص برخوردار است به کنکاش پرداخت.* □

□ مترجم: فریبرز مجیدی

دستاوردهای خارق‌العاده اخیر در بسیاری از رشته‌های فرعی فیزیک بدون وجود دستگاههای بزرگ پژوهش ملی و منطقه‌ای که در طی سه دهه اخیر ساخته و به کار انداخته شده‌اند امکان‌پذیر نمی‌بود. پس از هر مرحله مهمی از پیشرفت، ابزارها و وسایل بزرگتر و پرجزئی‌تری، که لبه برنده فناوریهای عصر حاضر را می‌آزمایند، طرح‌ریزی و ساخته می‌شوند. در فیزیک ذرات بنیادی و فیزیک هسته‌ای، میزان و هزینه ابزارهای جدید مورد نیاز، دانشمندان و کشورها را ناگزیر می‌سازد که از خودخواهی و رقابت بین‌المللی دست بردارند و آنان را به نظام تازه‌ای رهنمون می‌شود که بدان وسیله ابزارهای جدید در حکم «آزمایشگاههای جهانی» راستینی باشند.

تا این زمان در نسل‌های فعلی ابزارهای بزرگ مربوط به فیزیک هسته‌ای و انرژیهای بالا از قبیل دستگاه SPS در شورای اروپایی تحقیقات هسته‌ای و توآترون در ایالات متحد آمریکا، و در دستگاههایی که درحال ساخته شدن و طرح‌ریزی‌اند، از قبیل SSC و CEBAF در ایالات متحد آمریکا، LEP در شورای اروپایی تحقیقات هسته‌ای، و کوبنده یون سنگین نسبی^۲ که ساختنش در نظر بود، همکاری به صورت سرمایه‌گذاری چندجانبه و ساخت دستگاههای بزرگ آشکارساز و تجزیه انجام می‌شود. این دستگاهها برای آزمایشهایی مورد نیازند که از این ماشینهای استثنایی استفاده می‌کنند. آنچه از همه جالب توجه‌تر است آن است که چگونه این کار براحتی و بدون مذاکرات مفصلی که معمول است انجام شده است. شاید این نکته نشان‌دهنده نمونه‌ای است از شرایط جدید و نوآوری شیوه‌های مؤثر همکاری مورد نیاز به منظور چیره شدن بر دشواریهای درونی و رقابتی که وجودشان در زمانی انتظار می‌رود که دانشمندان و دولت‌های جزی را درباره آزمایشگاههای جهانی برای فیزیک انرژی بالا، فیزیک هسته‌ای، پژوهش همجوشی و سایر رشته‌های آینده فیزیک شروع کنند. در این مورد نیز یونسکو و سایر کارگزارهای بین‌المللی و مربوط به سازمان ملل می‌توانند برای تسهیل کار، پیشبرد و تقویت جامعه بین‌المللی فیزیک و دولتها در کوششهایی که برای عرضه شیوه‌های عملی و ابداعی همکاری در این مقیاس وسیع انجام می‌دهند نقش مهمی ایفا کنند؛ بخصوص یونسکو باید به این امر توجه خاصی بذل کند که چگونه می‌توان جامعه فیزیک کشورهای درحال توسعه را به مشارکت مؤثر در این طرحهای مهم همکاری بین‌المللی وادار کرد.

* Adnan Shihab-Eldin, «physics and the Future», *Impact of the science on society*, No. 155, 201-206.

یادداشت

* خوانندگان را بخصوص ارجاع می‌دهیم به:

«Physics through the 1990's». American Institute of Physics. 1986.

- 1- magnetic-resonance imaging = MRI
- 2- International Centre for Theoretical Physics = ICTP.
- 3- International Atomic Energy Agency = IAEA.
- 4- relativistic heavy ion collider = RHIC.