

□ عدنان شهاب الدین

در دهه های اخیر پیشرفتهای عمده ای در فیزیک صورت گرفته است که بیشتر آنها نتیجه توسعه و کاربرد ماشینهای پژوهشی بزرگ و گرانبه است. همکاری کلیدی است برای توسعه هر چه بیشتر، و سازمانهای بین المللی نقش خاصی ایفا می کنند 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 مقاله ای چنین کوتاه مروری هر قدر هم مختصر بر تاریخچه رشته ای که به من مربوط می شود 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 تامل 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 می پرسید و هنوز هم می پرسد. فیزیک از آن زمان - و هنوز هم - مربوط بوده است به آدمی، به عنوان ناظر، و جهانی که در آن بسر می برد. فیزیک در آغاز بخش جدایی ناپذیری از حکمت طبیعی بود؛ اما اینک تنوع شگرفی یافته و با تمام رشته های علمی ارتباطات پیچیده و بنیادینی ایجاد کرده است، و تاثیر آن

دراکثر جنبه های زندگی ما احساس می شود .

گفته می شود که فیزیک اساس همه علوم طبیعی است . فیزیک ، شاید بیشتر از هر رشته دیگری ، دارای ارتباط خاصی با اکثر علوم دیگر است ، و می توان نقش اصلی آن را در بیشتر منابع و تکنولوژیهای امروزی دید .

فیزیک رابطه ای تنگاتنگ با شیمی ، زیست شناسی ، علم مواد ، علوم زمین و سیارات ، پزشکی و مهندسی دارد . به سبب این اهمیت و نفوذ فیزیک ، بسیاری از رشته ها با وابستگی هرچه بیشتر به فیزیک ، از حیث نظریه و روشی ، هویت خود را از دست می دهند.

از آغاز، پرسشهای اساسی ای که ذهن فیزیکدانها را به خود مشغول می داشتند بدین قرار بودند . آیا نظمی طبیعی در جهان پیچیده ای که ما در آن بسر می بریم حکفرما است؟ جهان مادی از چه ساخته شده و بر تاثیر متقابل پیچیده میان اجزای درشت و ریز این جهان همواره تکامل یابنده چه چیزی حاکم است؟ فیزیکدانها همیشه بر آن شده اند که پاسخهای دقیق و ساده

برای این گونه پرسشها پیدا کنند.

با شروع قرن بیستم ، سرعت انجام کارهای بزرگ در فیزیک فزونی یافت . نخست ، آینشتاین ، براساس 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 بنیادی ترین مفهوما را در مورد اندازه گیری از بن تغییر داد و چارچوب خارق العاده ای برای نمایش دادن واقعیت فیزیکی عرضه کرده 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 ، زیست شناسی ، و دیگر علوم نقش اساسی دارد، و به پدایش صنایع جدیدی از قبیل نیم رساناها 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 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 1950 و 1960، شایان توجه است که اینک نظریه ساده ای داریم که ماهیت اصلی ماهیت 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 زیست شناسی 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  $Z$  و  $W$  و گلوئونها، بر هم تاثیر متقابل دارند. نیروهای متنوع طبیعت اینک به همه نیروی اصلی تحویل شده است: نیروی الکترو ضعیف، نیروی قوی - که هردو اینها در چارچوب میدان پیمانه ای توصیف می شوند - و نیروی گرانشی. در حقیقت، 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 فیلسو فان را از سپیده دم تمدن تحقق بخشند . به رغم این توفیقهای شایان توجه مدل استاندارد ، در جست و جوئی که فیزیکدانان برای دست یافتن به «نظریه همه چیز» به عمل می آورند پرسشهای زیادی باقی مانده است . تعدادی از آن پرسشها بدین قرارند :

- منشا 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 نیرو های کشف نشده دیگری در طبیعت وجود دارند؟

- آیا مفهومی نظری مانند «تکنی کالر» و «ابرتقارن» صحیحند؟ آیا فیزیکدانان ذرات فرضی ابر تقارن را خواهند یافت؟ آیا ما به «نظریه همه

چیز» خوا هیم رسید؟ آیا نظریه ابررسمانها آخر و عاقبتی خواهد داشت؟ اگر اینها همه به حقیقت بپیوندند ، به هیچ روی بدان معنی نیست که فیزیک به پایان رسیده است - به هیچ وجه ، چنان که بعداً خوا هیم دید .

### فیزیک هسته ای

در چند دهه اخیر صدها ایزوتوپ جدید کشف ، بررسی و توصیف شده اند؛ چندین عنصر جدید سنتز شده اند ، ونحوه 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 اسپینی و هسته های فوق العاده تغییر شکل داده ، اکنون توانای ساختن ماشینهایی در میان است که باریکه های شتابداری از هسته های رادیواکتیو فراهم آورند که دانشمندان فیزیک هسته ای را قادر خواهد کرد که هسته های بیگانه تری را سنتز و بررسی کنند، و حوزة های غنی و تازه ای را که امروزه قابل دسترس نیستند به دقت بررسی

کند .

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 نسبیتی بین یونهای سنگین پیش بینی می شود گشوده است.

فیزیک هسته ای ، بنا به ماهیتی که دارد، تاثیرات 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 ، 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 درتأمین انرژی بسیاری از کشورها - به رغم موانعی که هنوز هم کاربرد آن را محدود می سازند - نقش بسزایی ایفا می کند.

از جمله کشفهای مهم اخیر که می توانیم به آنها اشاره کنیم تخصیص و تعیین چندین مد جدید ارتعاش هسته ای است ، بخصوص مدهای 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 الکترونیهای پرنرژی میزان بی سابقه ای از جزئیات هسته را در محدوده تفکیک نوکلئونهای منفرد آشکار کرده و، هر قدر ابتدائی ، 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 نسبیتی (در برکلی ، CERN) شورای اروپای تحقیقات هسته ای) ، و غیره) به فیزیکدانها اجازه داده است که به بررسی نظام غایی هسته پردازند که برای درک مهمترین فرآیندهای عالم ، از قبیل فرآیندهایی که در نخستین یک میلیونم ثانیه آفرینش روی داده اند با فرآیندهایی که در رمبش

## فیزیک ماده چگال

در این رشته از فیزیک، میزان کشفها و دستاوردها فوق العاده زیاد است، و شاید تنها دلیل این امر تاثیر 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 (= اپتاکسی) 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

خطیر 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 درخلا، که اخیراً برای تهیه نخستین تصاویر قطعات سازنده مولکول DNA (اسید دئوکسی ریبونوکلیک) 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 پیشرفتهای ایفا کرده اند و نسل تازه ای از چشمه های تابشی پیشرفته سنکروترون

فعالاً ساخته یا طرح ریزی می شود ، و امید می رود که توسعه و پیشرفتی بازهم سریعتر در این رشته فرعی مهم پدید آید.

اما در مورد آینده ، کافی است اشاره شود که - به رغم کارهای بزرگ فراوان - که برخی از آنها را در بالا نام برده ام ، ما هنوز از بسیاری خواص ماده چگال بی خبریم . فیزیکدانها خواص اساسی ماکروسکوپی جامدات را مشخص ساخته و درک کرده اند و فیزیک سیستمهای میکروسکوپی ساده را بخوبی می شناسند . در این میان ما توانسته ایم به نقشه برداری از این سرزمین وسیع و ناشناخته بپردازیم که موفقیتهای عظیمی را نوید می دهد . هیجان ، خشم ، اختلاف عقیده ، و اشتباه کاریهای 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 غیرمنتظره ائی از سر راه برداشته شود، ممکن است محتمل باشد.

## دستاوردها در سایر رشته های فرعی فبزرگ

در سائز رشته های نوعی فبزرگ نیز پیشرفت سریع و کارهای بزرگ چشمگیری صورت پذیرفته است . برای مثال ، در نورشناسی (اپیک) می توان به توسعه مداوم لیزرهای قابل کوک قوی و متنوع تری که تاثیرشان در صنعت ، پزشکی ، ارتباطات نوری، و محاسبات نوری دامنه وسیعی دارد اشاره کرد . در فبزرگ همجوشی و پلاسما قدمهای خطیری در مورد فراهم کردن شرایط آغاز واکنش در رآکتورهای همجوشی با استفاده از وسایل و ماشینهای بزرگ در برخی مراکز پژوهش ملی و منطقه ای برداشته شده است . در زمینه اخترفبزرگ رصد آبرنواختر A در زمره دستاوردهای درجه اول فبزرگ در این دهه است . این فهرست را می توان همچنان ادامه داد .

همکاری در فبزرگ: اندیشه هائی درباره فرصتها و دورنماها  
فبزرگ ، 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 در میان یکایک فیزیکدانان در شکلهائی مختلف سهولت بخشیده است : از دیدارها و مبادله های علمی کوتاه، مدت و دراز مدت گرفته ، تا مشارکت در گردهماییهای علمی منطقه ای و بین المللی ، و تا همکاری مهم مشترک در مورد برنامه ها 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 در حال توسعه ، بخصوص فیزیکدانان جوانتر، که به تماسهای خارجی و عرضه کارهای خود بیشتر نیاز دارند ، توانسته اند به نحوی کافی از این فضای باز و حمایت کننده جهانی بهره مند شوند : این امر چند علت

دارد ، که از جمله آنها محدودیتهای شدید در دریافت کمک مالی از مؤسسات داخلی کشورهای آنان ، ایجاد ممنوعیت سفراز جانب دولت ، بار سنگین تدریس و فقدان ابزارها و تسهیلات کافی پژوهشی در مؤسسه های داخلی آنان است. مرکز بین المللی فیزیک نظری که با تلاشهای مشترک یونسکو، سازمان بین المللی انرژی اتمی و با تکیه بر پشتیبانی سخاوتمندانه دولت ایتالیا و مسؤولان محلی ترئیسته تأسیس شده و به همت همین مراکز و مسؤولان اداره می شود ، نمونه درخشان و موفقی است از این که چگونه جامعه بین المللی می تواند 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 در حال توسعه زمینه آن را فراهم کرده است که به نحوی سودمند به پهنه پژوهش جهانی فیزیک بپیوندند . 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 رشته های فرعی فیزیک تجربی را نیز در برگیرد. از طریق شیوه های متداول همکاری بین المللی یا از طریق شیوه های جدید ابداعی همراه با ایفای نقشها یا اشتراک مساعی میان سازمانهای بین المللی از قبیل یونسکو و کشورهای درحال توسعه ونیز با برعهده گرفتن تعهدی از جانب جامعه فیزیک جهانی می توان به این هدفها نایل شد.

**همکاری در زمینه تجهیزات بزرگ پژوهش**  
دستاوردهای خارق العاده اخیر در بسیاری از رشته های فرعی فیزیک بدون وجود دستگاههای بزرگ پژوهش ملی و منطقه ای که در طی سه دهه اخیر ساخته و به کار انداخته شده اند امکان پذیر نمی بود. پس از هر مرحله مهمی از پیشرفت، ابزارها و وسایل بزرگتری و پر خرج تری، که لبه برنده فناوریهای عصر حاضر را می آزمایند، طرح ریزی

و سماخته می شوند. در فیزیک ذرات بنیادی و فیزیک هسته ای، میزان و هزینه ابزارهای جدید مورد نیازی دانشمندان و کشورهای را ناگزیر می سازد که از خودخواهی و رقابت بین المللی دست بردارند و آنان را به نظام تازه ای رهنمون می شود که بدان وسیله ابزارهای جدید در حکم « آزمایشگاههای جهانی» راستینی باشند.

تا این زمان در نسلهای فعلی ابزارهای بزرگ مربوط به فیزیک هسته ای و انرژیهای بالا از قبیل دستگاه SPS در شورای اروپای تحقیقات هسته ای و تواترون در ایالات متحد امریکا، و در دستگاههایی که درحال ساخته شدن و طرح ریزی اند، از قبیل SSC و CEBAF در ایالات متحد امریکا، LEP در شورای اروپای تحقیقات هسته ای، و کوبنده یون سنگین نسبیتی که ساختنش در نظر بود، همکاری به صورت سرمایه گذاری چند جانبه و ساخت دستگاههای بزرگ آشکار ساز و تجزیه انجام می شود. این دستگاهها برای آزمایشهایی مورد نیازند که از این ماشینهای استثنای استفاده می کنند. آنچه از همه جالب توجه تر است

آن است که چگونه این کار براحتی و بدون مذاکرات مفصلی که معمول است انجام شده است. شاید این نکته نشان دهنده نمونه ای است از شرایط جدید و نوآوری شیوه های مؤثر همکاری مورد نیاز به منظور چیره شدن بر دشواریهای درونی و رقابتهایی که وجودشان در رهائی انتظار می رود که دانشمندان و دولت بحثی جدی را درباره آزمایشگاههای جهانی برای فیزیک انرژی بالا، فیزیک هسته ای، پژوهش همجوشی و سایر رشته های آینده فیزیک شروع کنند. در این مورد نیز یونسکو و سایر کارگزاریهای بین المللی و مربوط به سازمان ملل می توانند برای تسهیل کار، پیشبرد و تقویت جامعه بین المللی فیزیک و دولتها در کوششهایی که برای عرضه شیوه های عملی و ابداعی همکاری در این مقیاس وسیع انجام می دهند نقش مهمی ایفا کنند؛ بخصوص یونسکو باید به این امر توجه خاصی بذل کند که چگونه می توان جامعه فیزیک کشورهای درحال توسعه را به مشارکت مؤثر در این طرحهای مهم همکاری بین المللی وادار کرد.

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

□ مترجم: فریبرز مجیدی

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

«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= RIDC.