درک طبیعی فیزیک

سخنرانی استاد دکتر مهدی گلشنی
در انجمن علمی معلمان فیزیک استان فارس

اشاره

دکترمهدی گلشـــنی در جامعهٔ علمی‌فلسفی فرهیختگان ایرانی معروف‌تر از آن است که نیاز به معرفی داشته باشد. او که از صاحب‌نظران پرتلاش عرصهٔ علم و فلسفه و عضو عالی انجمن فیزیک و فلسفهٔ ایران اســت، تاکنون در این حوزه آثار ارزشمندی چون دیدگاه‌های فلسفی فیزیک‌دانان معاصر را منتشــر کرده است. ایشــان اخیراً در همایش معلمــان فیزیک اســتان فارس در شــهر شــیراز شــرکت کــرد و در سخنرانی خود به موضوع‌های مختلف مربوط به فیزیک پرداخت. متن پیاده شده از نوار سخنرانی استاد گلشنی در زیر می‌آید.

***

از اینکه در میان همــکاران فرهنگی و عزیزان آموزش و پرورش استان فارس هستم بسیار خوشحالم. واقعاً این قشر مجهول‌القدر هستند. بزرگ‌ترین سرمایهٔ کشور متعلق به قشر آموزش و پرورش و دانشگاهی است، اما متأسفانه قدرشان مغفول است.

انتقاداتی در رابطه با فیزیک رایج و آموزش فیزیک در ایران وجود دارد که در انتها به آن‌ها اشاره خواهم کرد. این مطالب را می‌توانید در مقالهٔ «نقدی بر جریان فعلی فیزیک در ایران»، که در کنفرانس فیزیک مرکز پژوهش‌هــای بنیادی مطرح شده است، ببینید.

در این جلسه کلیاتی از فیزیک مطــرح می‌کنم که ببینید چه ایده‌هایی مطرح اســت و چه مشــکلاتی وجــود دارد. در مــورد موفقیت‌هــای فیزیک هیچ‌کس تردید ندارد. بسیاری از اکتشافات ایــن قــرن توســط فیزیک‌دانــان انجام شده است؛ از قبیل لیــزر و میزر، اینترنت، ترانزیســتور و... برای این افــراد منافع مادی و صنعتی مطرح نبوده اســت و آن‌ها صرفاً در زمینهٔ فیزیک خالص فکر می‌کرده‌اند.

اینترنت را یک فیزیک‌دان آکســفوردی، که در مرکز سرن بود و می‌خواست دانشگاه‌ها با هم ارتباط پیدا کنند، اختراع کرد. بنابراین در بعد تجربی و کاربردی فیزیک، غیر از توجه اجمالی به بعد مالی قضیه مشکل اساســی وجود ندارد ولی در بعد نظری چالش‌ها و ملاحظاتی هست که در اینجا به آن‌ها اشاره خواهم کرد. در ابتدا ببینیم فیزیک از کجا به کجا رسیده است.

۱. مروری بر سرگذشت فیزیک (از نیوتون تا اینشتین)

الف) کارهای نیوتون

فیزیک جدید بیش از همه مدیون نیوتون است که متفکری بســیار عمیق و الهی بود. این نکتهٔ ناشناخته را بگویم که گرچه در غرب مسیحیت حاکم است و مسیحی‌ها به تثلیث معتقدند، ولی نیوتــون یک موحد تمام‌عیار بــود و به خاطر همین وقتی می‌خواســتند در کلیسای وست‌مینســتر دفنش کنند، به‌علت اینکه او را بدعت‌گذار می‌دانســتند با این‌کار مخالفت‌هایی شد ولی به‌دلیل شخصیت ممتازش، بالاخره تسلیم شدند و در کلیسا دفنش کردند. نیوتون چنین آدمــی بود و صریحاً هم می‌گفت که به‌دنبال علم می‌رود؛ چون می‌خواهد آثار عظمت الهی را در جهان نشان دهد.

نیوتون ســه کار مهم انجام داد: ۱. سه قانون حرکت را بیان کرد؛ ۲. قانون گرانش عمومی را کشف کرد (اینکه هر دو جسمی کــه جرم دارند، همدیگر را جذب می‌کنند)؛ ۳. و مهم‌تر از همهٔ این‌ها مکانیک ارضی و سماوی را به هم پیوند داد. این اولین پایهٔ وحدت‌بخشی بود.

قبلاً فکر می‌کردند که در آسمان‌ها تغییری صورت نمی‌گیرد و نمی‌توان در آن‌ها دخالتی کرد. آن‌ها قوانین خودشان را دارند و زمین قوانین خــودش را. نیوتون صحبت از قوانین واحد کرد و بــه دنبال او، دیگران نیز در زمینه‌های گرما و ترمودینامیک و الکتریسیته و مغناطیس و... کارهایی انجام دادند.

ب) ظهور نظریه‌های نسبیت و کوانتومی

قرن نوزدهم قرن شکوفایی فیزیک است، ما گرما را داریم، الکترومغناطیس را و... . این‌ها با تجربه می‌خواندند و صنعت نیز از آن‌ها بسیار استفاده کرد. در آخر قرن نوزدهم به این فکر افتادند که به انتهای فیزیک رسیده‌اند و اگر قرار است پیشرفتی شود، در تعداد رقم‌های اعشاری است. یعنی اگر عددی را فعلاً با دقت ۵ رقم اعشار می‌دانیم، رقم اعشار در آینده بالا می‌رود.

اما در اواخر قرن نوزدهم آزمایش‌هایی انجام شد که با فیزیک کلاسیک نمی‌خواند. این‌ها باعث شد که فیزیک کلاسیک جایگاه خودش را به دو نظریهٔ جدید بدهد که با هم پیش آمدند: یکی نظریهٔ نسبیت و دیگری نظریهٔ کوانتومی که هر کدام از آن‌ها نوآوری‌هایی داشت.

ب ۱- نسبیت خاص و عام

نسبیت خاص مفادش این بود که شما نمی‌توانید زمان را از مکان جدا کنید. هر جا راجع به فاصلهٔ زمانی بحث می‌کنید، باید مکان را در نظر بگیرید و برعکس، و اگر فاصله‌ای را اندازه‌گیری کنید، نسبت به موقعی که در حال حرکت هستید این فاصله بیشتر است و یا اگر نسبت به چیزی در حرکت هستید، زمان آن را کندتر می‌بینید. همچنین می‌گفت که سرعتی بیشتر از سرعت نور وجود ندارد و قوانین فیزیک در همهٔ دستگاه‌هایی که نسبت به هم حرکت یکنواخت دارند، یک شکل دارد. نسبیت عام بیان می‌کند که قوانین فیزیکی در همهٔ دستگاه‌ها، حتی اگر نسبت به هم حرکت شتاب‌دار داشته باشند، یک شکل دارد.

در نسبیت عام صحبت از فضا و زمان و ماده است. آنچه قبلاً تصور می‌شد، این بود که فضایی وجود دارد به‌عنوان ظرف، و ماده در آن ریخته شده است یا زمانی وجود دارد به‌عنوان ظرف، و ماده در آن ریخته شده است یا می‌شود (سخنی که نیوتون می‌گفت). نسبیت عام بیان می‌کند که فضا، زمان و ماده با هم‌اند؛ یعنی، اگر جهان ابتدایی داشته است، این‌ها با هم خلق شده‌اند و اگر مبدأیی نداشته، از ابتدا با هم بوده‌اند و تا ابد نیز با هم هستند. فضا و زمان و ماده روی هم تأثیر می‌گذارند. ماده به فضا و زمان می‌گوید چگونه باشند و فضا و زمان به ماده می‌گویند چگونه حرکت کند. نسبیت خاص برای فهمیدن مشکل چندانی نداشت، بلکه تعمیمی بود از فیزیک کلاسیک. البته در ابتدا می‌گفتند کسی نسبیت عام را نمی‌فهمد ولی این‌ها بی‌اساس بود. چهار سال بعد از بیان نظریهٔ نسبیت عام، پاؤلی اولین مقاله را در هندبوخ آلمان در مورد آن نوشت. همچنین خیلی زود پیش‌بینی نسبیت عام در مورد انحراف نور در مجاورت اجرام ثقیل به تأیید تجربی رسید. تقریباً هم‌زمان با پیدایش نسبیت خاص و نسبیت عام، نظریهٔ چالش‌برانگیز کوانتومی مطرح شد.

ب ۲- نظریهٔ کوانتومی

اگر بخواهید برای طول موج طیف اتمی عناصر فرمولی به دست آورید، مجبورید فرض کنید جاهایی گسستگی در کار است. مثلاً اتم هیدروژن در ناحیهٔ مرئی چهار خط طیفی دارد، اگر بخواهید این را دقیق به‌دست آورید باید یک جایی گسستگی قائل شوید.

وقتی بور در ۱۹۱۳ این سخنان را بیان کرد، زمان چندانی از عمر اتم و هسته نمی‌گذشت. الکترون در ۱۸۹۷ و پروتون در اوایل قرن بیستم کشف شده بودند.

نظریهٔ بور این بود که الکترون روی مدارهای خاص، و نه هر مداری، در حال گردش است؛ مدارهایی که حاصل ضرب جرم الکترون در سرعتش در فاصله‌اش تا هسته برابر مضربی از ثابت پلانک باشد. وقتی الکترون روی این مدارها قرار دارد، تابش نمی‌کند و اگر از یک مدار به مدار دیگر برود، تابش می‌کند.

نیوتون سه کار مهم انجام داد: ۱. سه قانون حرکت را بیان کرد؛ ۲. قانون گرانش عمومی را کشف کرد (اینکه هر دو جسمی که جرم دارند همدیگر را جذب می‌کنند)؛ ۳. مهم‌تر از همهٔ این‌ها مکانیک ارضی و سماوی را به هم پیوند داد. این اولین پایهٔ وحدت‌بخشی بود

نظریهٔ بور برای تمام هیدروژن صادق بود اما وقتی به سمت اتم‌های سنگین‌تر رفتند، این نظریه پاسخگو نبود؛ به همین دلیل، دائماً نسخه اضافه می‌کردند. برای اتم در یک میدان الکتریکی یک نسخه و برای اتم در یک میدان مغناطیسی یک نسخهٔ دیگر وارد می‌کردند و از این نسخه وارد کردن‌ها کلافه شده بودند.

هایزنبرگ در ۱۹۲۵ مکانیک ماتریسی خود را ارائه داد. یک‌سال بعد شرودینگر معادلهٔ خود را مطرح کرد. سخن شرودینگر این بود که الکترون یا هر موجود اتمی دیگری از این معادله پیروی می‌کند و از جواب‌های این معادله تمام اطلاعات لازم را می‌توان گرفت. کمی بعد متوجه شدند که هر نوع اطلاعاتی را نمی‌توان از جواب‌های این معادله به‌دست آورد، بلکه فقط اطلاعات آماری را می‌توان به‌دست آورد. اگر بخواهیم مکان الکترون را اندازه‌گیری کنیم، می‌توانیم بگوییم که با چه احتمالی الکترون را در فلان نقطه می‌یابیم.

گفتند علیت در اینجا مطرح نیست. وقتی یک الکترون به یک دستگاه اشترن - گرلاخ وارد می‌شود، با احتمال ۵۰ درصد با اسپین بالا خارج می‌شود و به احتمال ۵۰ درصد با اسپین پایین. در اینجا عامل شانس وارد فیزیک شد.

گفتند اینکه بور گفته الکترون دور هسته در مدارهایی می‌چرخد، دیگر قابل اعتنا نیست (به علت اصل عدم قطعیت).

شما نمی‌توانید برای الکترون مدار تعیین کنید و هیچ تصویری هم نمی‌توانید از الکترون ارائه دهید.

اگر بخواهیم توصیفی کنیم، فقط به زبان ایده‌آلیسم می‌توانیم حرف بزنیم. ما می‌توانیم داده‌های ذهنی را که از آزمایش به‌دست آمده به هم مربوط کنیم، ولی این را که در طبیعت چه می‌گذرد، نمی‌دانیم.

بنیان‌گذاران فیزیک کوانتومی این سخن را گفتند و اکثریت فیزیک‌دانان آن را پذیرفتند؛ چون کپنهاگ مرکزیت داشت و اکثر فیزیک‌دانان مهمی که از آمریکا و روسیه آمده بودند (مثل اسلیتر ولانداو و شاگردان آن‌ها) به آن پیوستند. این‌ها مکتبشان این بود که می‌گفتند ما فقط یک توصیف ریاضی از طبیعت داریم که پیش‌بینی‌های مورد نیاز را برای ما می‌کند و ما کاری به محتویات قضایا نداریم. اگر ورودی را بدهیم، می‌توانیم بگوییم با چه احتمالی خروجی چیست. اینکه واقعیت چیست نمی‌دانیم و کاری با آن نداریم (مکتب کپنهاگی).

نیوتون با بیان قانون گرانش عمومی کنش از دور را بیان کرد. خورشید بر زمین نیرو وارد می‌کند؛ بدون آنکه با آن تماس داشته باشد، نیوتون بسیار مایل بود بداند این کنش از دور چیست؟

اکثریت این مکتب را قبول کردند، جز کسانی چون اینشتین و شرودینگر. اینشتین سخنش این بود که خیلی زود است که ما دست از تصویر داشتن از طبیعت بکشیم. اینشتین می‌گفت این‌ها خواب هستند و آخر عمرش گفت که این‌ها می‌گویند من فسیلی هستم که در گوشهٔ پرینستون افتاده‌ام و چیزی نمی‌فهمم.

اما دیوید بوم در ۱۹۵۲ یک نظریهٔ علیتی از کوانتوم ارائه داد، و آزمایشی که اینشتین در ۱۹۳۵ مطرح کرده بود، در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ و حتی دههٔ ۱۹۹۰ انجام شد. نتایج این آزمایش‌ها با نظریهٔ کوانتومی سازگار بود ولی آن‌ها حاکی از این بودند که در طبیعت یک اثرگذاری فوق نوری وجود دارد. البته آن‌ها با قبول نظریهٔ کوانتومی ثابت کردند که نمی‌توان اطلاعاتی را با سرعت بیش از سرعت نور از یک طرف به طرف دیگر انتقال داد ولی از طرف دیگر مجبور بودند ناموضعیت را در طبیعت بپذیرند. اگر ذره‌ای با اسپین صفر به یک الکترون و یک پوزیترون تجزیه شود که در دو جهت مخالف حرکت کنند و اسپین الکترون را در جهتی اندازه بگیریم و ۱+ درآید، اسپین پوزیترون در همان جهت ۱- خواهد بود. این را تأثیرگذاری فوق نوری می‌نامند. پس در عین حال که جواب مطابق با پیش‌بینی کوانتومی به‌دست می‌آورند ولی اثرگذاری فوق نوری هست. علامت‌دهی فوق نوری نمی‌شود ولی اثرگذاری فوق نوری هست.

بعضی برای حل این مشکل (اثرگذاری فوق نوری) صحبت از جهان هوشیار کردند؛ اینکه همهٔ جهان هوشیار است و کتاب‌هایی با همین عنوان «جهان هوشیار» نوشته شد (البته در نظریهٔ کوانتومی الکترون را واجد نوعی شعور می‌دانند). این مسئلهٔ ناموضعیت یک چالش بسیار اساسی برای نظریهٔ کوانتومی استاندارد است.

یک مسئلهٔ دیگر که هنوز مانده و بعضی از بزرگان فیزیک و ریاضی می‌گویند اگر حل نشود ما می‌مانیم، مسئله‌ای به نام معضل اندازه‌گیری است. یک الکترون به دستگاهی وارد می‌شود و هنگام خروج یا بالا را انتخاب می‌کند یا پایین را. این‌ها می‌گویند این شانسی انجام می‌شود. اما در چه مرحله‌ای؟ چون یک دستگاه تابع نظریهٔ کوانتومی نمی‌تواند این عمل تقلیل را انجام دهد، یک امکان مطرح شده این است که شعور انسانی است که عمل تقلیل را انجام می‌دهد. در اینجا این پرسش مطرح است که قبل از اینکه انسان به‌وجود آید، چگونه این تحولات در جهان انجام می‌شده است؟ بور خودش می‌گفت این عمل تقلیل را دستگاه اندازه‌گیری که یک دستگاه کلاسیک است و از میلیاردها ذره تشکیل شده است، انجام می‌دهد. اما معنای این مطلب این است که دستگاه اندازه‌گیری تابع نظریهٔ کوانتومی نیست. امکانات مطرح شدهٔ دیگر هم بدون مشکل نیستند.

نور

نیوتون به نظریهٔ ذره‌ای نور معتقد بود و چند سال بعد هویگنس نظریهٔ موجی بودن نور را مطرح کرد. در ۱۸۵۰ آزمایشی انجام گرفت که مشخص می‌کرد نور موج یا ذره است؛ در اندازه‌گیری سرعت نور در آب، اگر نور از ذرات تشکیل شده باشد، سرعت نور در آب بیشتر از سرعت نور در هواست و اگر نور موج باشد، سرعت نور در آب کمتر از سرعت نور در هواست. آزمایش فیزو نشان داد که سرعت نور در آب کمتر از سرعت نور در هواست. در اینجا نظریهٔ موجی نور پیروز شد. کمی بعد از آن، ماکسول معادله‌های خود را نوشت و سرعت امواج الکترومغناطیسی را برابر سرعت نور یافت. معادله‌های ماکسول تمام پدیده‌های مربوط به خواص موجی نور را کاملاً توضیح می‌دهند. وقتی به شکست مضاعف نور در بلورها نگاه می‌کنیم، می‌بینیم نظریهٔ ماکسول با چه دقت و زیبایی‌ای تمام این‌ها را توضیح می‌دهد. بنابراین، ماکسول گفت نور یک موج الکترومغناطیسی و اپتیک شاخه‌ای از الکترومغناطیس است.

در ۱۹۰۳ آزمایشی انجام شد که در آن با تاباندن نور به یک صفحه الکترون از آن کنده می‌شد و این با نظریهٔ موجی نور قابل توجیه نبود (اثر فوتوالکتریک). پس مجبور شدند توجیه اینشتین از پدیده را به‌کار برند. اینشتین یک محاسبهٔ نظری انجام داده

بود که نشان می‌داد عبارت آنتروپی پرتوهای الکترومغناطیسی موجود در یک ظرف مثل عبارت آنتروپی تعدادی مولکول گاز در یک ظرف است. بنابراین، اینشتین گفت: مثل این است که نور از ذرات تشکیل شده باشد. این پیشنهاد مسئلهٔ اثر فوتوالکتریک را توضیح می‌داد ولی ایدهٔ ذره‌ای بودن نور جانیفتاد؛ به طوری که وقتی در ۱۹۱۲ اینشتین درخواست کار به دانشگاه پراگ در چکسلواکی را داد و خواست پلانک و دیگران چند توصیه‌نامه برایش بنویسند، آن‌ها نوشتند که آقای اینشتین فرد بسیار درخشانی است و کارهای خوبی در فیزیک انجام داده است. پس اگر اشتباهاتی مثل ارائهٔ نظریهٔ ذره‌ای نور را دارد، باید بر او ببخشند.

در ۱۹۲۳ کامپتون دید که اگر پرتوهای X به فلزی تابیده شود، پرتوهای X خروجی طول موجش با پرتوهای X فرودی فرق دارد. تنها مدلی که می‌توانستند با آن این پدیده را توضیح دهند، مدل ذره‌ای نور بود؛ اینکه نور از فوتون‌ها تشکیل شده است و وقتی به یک فلز می‌تابد و به الکترون‌ها برخورد می‌کند، نور به یک راه و الکترون به راه دیگر می‌رود و این تأیید قاطعی بر نظریهٔ ذره‌ای بودن نور بود.

در همین زمان، آقای دوبروی نظریهٔ جدیدی ارائه داد که فقط اینشتین و شرودینگر از آن حمایت کردند. سخن دوبروی این بود که نه تنها نور بلکه الکترون نیز، هم ذره و هم موج است. دو سه سال بعد، در ۱۹۲۷، چند گروه ویژگی موجی الکترون را کشف کردند (پراکندگی الکترون از بلورها). در این زمان نظریهٔ کوانتومی به‌وسیلهٔ شرودینگر و دیگران نضج گرفته بود.

شرودینگر گفت اصل قضیه موج است منتها یک موج ساده نیست بلکه یک بستهٔ موج است که فضای کوچکی اشغال می‌کند. موجودی که اسمش را الکترون می‌گذاریم، موجودی ذره‌گونه است و احتمال یافتنش را می‌توانیم به وسیلهٔ معادلهٔ شرودینگر بیابیم. ذره یک موج فشرده است و مکان کمی را اشغال می‌کند ولی موج گسترده است و فضای زیادی را اشغال می‌کند. الکترون را با یک موج فشرده نشان می‌دهیم اما جلوه‌اش برای ما شبیه یک ذره است اما لورنتس گفت طبق معادلهٔ شرودینگر، اگر الکترون را موج فرض کنیم، این موج بعد از مدتی گسترده می‌شود و فضای زیادی را اشغال می‌کند و الکترونی که در یک زمان 1mm جا را اشغال کرده است، در اندک زمانی گسترده می‌شود و فضای زیادی را اشغال می‌کند و این خلاف مشاهدات است.

بور گفت الکترون دو وجه مکمل دارد و این دو وجه با هم نشان داده نمی‌شوند. اگر می‌خواهید ویژگی ذره‌ای بودن نور را مشاهده کنید، اثر فوتو الکتریک را ببینید و اگر می‌خواهید ویژگی موجی را مشاهده کنید، پدیدهٔ تداخل را ببینید.

خیلی‌ها زیر بار این مکملیت نرفتند (غیر از بورن و بعضی‌های دیگر که شاگردان خود این‌ها بودند). آن‌ها گفتند ما یک توصیف ریاضی موفق داریم، دیگر چه می‌خواهیم؟ اطلاعات را در معادله قرار می‌دهیم، ریاضیات به ما جواب می‌دهد. بدین ترتیب، تکلیف موج و ذره مشخص نشد (غیر از مکتب کپنهاگ که مربوط به بور بود). در ۱۹۳۰ هایزنبرگ نظریهٔ میدان‌های کوانتومی را بیان کرد که به هر ذره یک ساختار موج‌مانند نسبت می‌داد.

۲. مسئلهٔ ماده

از قدیم ماده‌المواد معروف بوده است. بعضی گفتند ماده از آب تشکیل شده و بعضی مواد چهارگانه را بیان کردند و گفتند که ماده از چهار عنصر آب و آتش و خاک و هوا ساخته شده است.

این بود، تا در ۱۸۱۰ که نظریهٔ اتمی دالتون ارائه شد که می‌گفت ماده از اتم‌ها ساخته شده است. در آن موقع هیچ شاهد تجربی برای اتم نبود ولی علما این حرف را جدی گرفتند. البته اتم را یک جزء لایتجزا دانستند و گفتند جزئی کوچک‌تر از اتم پیدا نمی‌کنیم. در ۱۸۷۰ مندلیف جدول تناوبی را ارائه داد و نزدیک به اوایل قرن بیستم الکترون کشف شد و کمی بعد از آن بعد پروتون و بعداً ذرات دیگر.

برای وحدت چهار نیروی موجود در طبیعت کارهای نظری زیاد شده است به نتیجه نرسیده است. زیرا سه نیروی اول (الکترومغناطیسی و هسته‌ای قوی و ضعیف) تابع نظریهٔ کوانتومی هستند ولی گرانش تابع این نظریه نیست و باید گرانش را کوانتومی کرد (که تاکنون فعالیت‌های صورت گرفته به انجام نرسیده است)

بعدها رادرفورد مدل اتمی خود را ارائه داد و گفت که اتم از یک هستهٔ خیلی متمرکز تشکیل شده که الکترون به دورش می‌گردد. بعد هم بور آمد و مدارهای خود را مطرح کرد. چند سال بعد نوترون به‌وسیلهٔ چادویک کشف شد، منتها این‌ها را ذرات لایتجزا می‌دانستند ولی به دلایل بعضی از آزمایش‌ها مجبور شدند بگویند این‌ها ساختار دارند.

در دههٔ ۱۹۴۰ تعداد زیادی ذره کشف شد و در دههٔ ۱۹۶۰ تعداد ذرات از ۱۰۰ تا تجاوز کرد. بنابراین، این پرسش مطرح شد که آیا همهٔ این‌ها اصلی هستند یا از ذرات دیگر تشکیل شده‌اند. فیزیک‌دان‌ها (گلمن و دیگران) به این نتیجه رسیدند که همهٔ ذرات اتمی از سه ذره یا دو ذره، موسوم به کوارک، تشکیل شده‌اند.

اطلاع ما از جهان خرد در حال حاضر این است که تعدادی ذرات بنیادی داریم: ۱۲ کوارک و پاد کوارک و ۱۲ لپتون و پادلپتون. همهٔ باریون‌ها از سه کوارک ساخته شده‌اند

و همهٔ مزون‌ها از یک کوارک و یک پاد کوارک. کوارک‌ها فعلاً غیرقابل تجزیه فرض می‌شوند ولی البته دلیلی وجود ندارد که بعداً ساختار برای این ذرات پیدا نشود.

در ابتدا فکر می‌کردند پروتون بی‌ساختار است ولی در آزمایش‌های دانشگاه استانفورد، باریکهٔ پرشدت الکترون‌های پرانرژی روی هدف هیدروژن مایع شلیک می‌شد و چگونگی پراکندگی الکترون‌ها از هسته‌های هیدروژن، که تنها از پروتون‌ها تشکیل می‌شود، بررسی می‌شد. نتایج نخستین - مبنی بر اینکه الکترون‌ها به جای گذار مستقیم از مایع با زاویه‌های بزرگ پراکنده می‌شدند - نشان می‌داد که آن‌ها به اجسام ریزتری در درون پروتون برخورد می‌کنند. وقتی ویژگی‌های این اجزای بی‌ساختار را بررسی کردند، دیدند که با ویژگی‌های کوارک می‌خواند، و از اینجا متوجه شدند که پروتون ساختار دارد (آزمایش‌های مشابهی هم برای نوترون انجام گرفت). غیر از این ذرات، ذرات دیگری وجود دارند که در مبحث نیرو مطرح می‌شوند و آن‌ها را حامل‌های نیرو می‌دانند.

نیوتون مکانیک ارضی و سماوی را که وحدت بخشیده بود، با یک فرمول‌بندی بیان کرد. بعدها ماکسول سعی کرد مکانیک و الکترومغناطیس را وحدت ببخشد که موفق نشد. اینشتین می‌خواست الکترومغناطیس را هندسی کند و جزء نسبیت قرار دهد

۳. مسئلهٔ نیرو

تصوری که از نیرو وجود دارد، طی سال‌های اخیر به‌کلی عوض شده است. در ابتدا احساسی که از نیرو وجود داشت به‌صورت مکانیکی بود؛ اینکه یک جسم در تماس با جسم دیگر بر آن نیرو وارد می‌کند.

نیوتون با بیان قانون گرانش کنش از دور را بیان کرد. خورشید بر زمین نیرو وارد می‌کند بدون آنکه با آن تماس داشته باشد. نیوتون بسیار مایل بود بداند این از کنش دور چیست. بعد از نیوتون، فیزیک‌دان‌ها تصویر دیگری از نیرو ارائه دادند. بدین معنا که این مسئله مطرح شد که خورشید در اطراف خود میدان ایجاد می‌کند و هر جا ماده‌ای وجود داشته باشد، به علت جرم آن تحت تاثیر این میدان قرار می‌گیرد، ولی اینکه سازوکار آن چیست، نمی‌دانستند.

وقتی به الکترومغناطیس رسیدند، گفتند بار الکتریکی در محیط اطراف خود یک میدان ایجاد می‌کند و اگر الکترونی در این میدان قرار گیرد، متأثر می‌شود. تصوری که از موج الکترومغناطیسی، با فرض وجود اتر، داشتند همانند امواج صوتی بود که با فشرده شدن هوا موج منتشر می‌شود، اما در آخر قرن نوزدهم به این نتیجه رسیدند که اتر را نمی‌توانند کشف کنند و فرض کردند میدان الکترومغناطیسی به طرز مرموزی در فضا وجود دارد و اگر الکترونی در این فضا قرار گیرد، متأثر می‌شود.

در دههٔ ۱۹۳۰ نظریهٔ میدان کوانتومی مطرح شد. این نظریه به هر موجودی یک ساختار موج‌مانند نسبت می‌دهد ولی وقتی انرژی امواج الکترومغناطیسی را محاسبه می‌کند، مثل این است که از تعدادی ذرات تشکیل شده است. هر کدام از این ذرات را فوتون نامیدند. البته وقتی از دامنهٔ موج سخن به میان می‌آید، نمی‌توانیم از ذرات صحبت کنیم. اینجا هم تعداد زیادی از فیزیک‌دان‌ها توصیف ریاضی را پذیرفتند.

اما این نظریه مطلب دیگری را نیز بیان کرد و آن اینکه یک الکترون از خود یک فوتون گسیل می‌کند و این فوتون به وسیلهٔ الکترون دیگر جذب می‌شود و الکترون دومی احساس نیرو می‌کند. الکترون دوم نیز یک فوتون گسیل می‌کند که توسط الکترون اول جذب می‌شود و این الکترون احساس نیرو می‌کند. بنابراین، شأن فوتون تعیین شد که یک میانجی اعمال نیروست.

تا این زمان دو نیرو شناخته شده بود که از قدیم وجود داشت: یکی گرانشی و دیگری الکترومغناطیسی که هر دو بلندبرد هستند و تا بی‌نهایت اثر می‌گذارند.

نیروی قوی

در داخل هسته پروتون‌ها وجود دارند که به علت بار الکتریکی خود به یکدیگر نیروی دافعه وارد می‌کنند. برای پایداری هسته نیروی قوی هسته‌ای مطرح شد که اندازهٔ آن 10^{40} برابر نیروی گرانشی است که دو پروتون به علت جرمشان به یکدیگر وارد می‌کنند، 10^{30} برابر نیروی الکترومغناطیسی است که پروتون‌ها به علت بار الکتریکی به هم وارد می‌کنند و به همین دلیل به آن نیروی قوی هسته‌ای گفته می‌شود و پایداری هسته را توضیح می‌دهد (این نیرو کوتاه‌برد است؛ حداکثر برابر قطر هسته اتم).

نیروی ضعیف

چون واپاشی در هسته‌های سنگین به کندی صورت می‌گیرد (نیمهٔ عمر نوترون ۱۵ دقیقه است)، نیروی ضعیف هسته‌ای مطرح شد. عامل اعمال نیروی هسته‌ای قوی ۸ ذره است و عامل نیروی ضعیف هسته‌ای ۳ ذره به نام‌های W^+ و W^- و Z. وجود این سه ذره را واینبرگ، عبدالسلام و گلاشو در نظریهٔ خود پیش‌بینی کرده بودند. کشف تجربی این سه نفر در چند سال بعد جایزهٔ نوبل را نصیب آن‌ها کرد.

۴. وحدت نیروها

تحول مهم دیگری که ایجاد شده در جهت متحد کردن نیروهای طبیعی بوده است. نیوتون مکانیک ارضی و سماوی را که وحدت بخشیده بود، با یک فرمول‌بندی بیان کرد. بعدها ماکسول سعی کرد مکانیک و الکترومغناطیس را وحدت ببخشد که موفق نشد. اینشتین می‌خواست الکترومغناطیس را هندسی کند و جزء نسبیت قرار دهد. او به سراغ فضاهای پنج‌بعدی رفت ولی موفق نشد.

واینبـــرگ، عبدالســـلام و گلاشـــو دو نیـــروی ضعیـــف و الکترومغناطیسی را وحدت بخشیدند و گفتند در موقعی که انرژی جهان بسیار زیاد بوده، این دو نیرو با هم بوده‌اند و پس از سرد شدن جهان از یکدیگر جدا شده‌اند.

تلاش‌هایی که برای وحدت بخشیدن به سه نیروی ضعیف و الکترومغناطیسی و هسته‌ای قوی انجام گرفته، تاکنون به نتیجه نرسیده است.

بـــرای وحدت چهار نیروی موجود در طبیعت کارهای نظری زیادی انجام گرفته ولی هنوز موفق نشـــده‌اند؛ زیرا سه نیروی اول (الکترومغناطیسی و هسته‌ای قوی و ضعیف) تابع نظریهٔ کوانتومی هستند ولی گرانش تابع این نظریه نیست و باید گرانش را کوانتومی کنیم (که تاکنون فعالیت‌های صورت گرفته به انجام نرسیده است).

یکی از این نظریه‌ها ابرریسمان است. این نظریه وجود ذراتی را پیش‌بینی می‌کند که برای تولید آن‌ها به انرژی‌های بسیار زیاد نیاز است؛ یعنی باید شتاب‌دهنده‌هایی ساخته شوند که قطر آن‌ها برابر با قطر کهکشان باشد. شتاب‌دهندهٔ سرن که روی آن تبلیغات زیادی نیز صورت گرفته، در مقابل چنین شتاب‌دهنده‌هایی بسیار کوچک است.

یکی از این نظریه‌ها پیش‌بینی می‌کند که پروتون با نیمه عمر 10^{31} ســـال واپاشیده می‌شود و اگر بخواهیم این واپاشی مشاهده شـــود، باید مقدار زیادی پروتون (هستهٔ اتم هیدروژن) را در جایی جمـــع کنیم. آزمایش‌هایی که در عمق زمین - از جمله توســـط هندی‌ها - انجام شده، به نتیجه‌ای نرسیده است.

بعضی نظریه‌ها از جمله ابرریســـمان مسئلهٔ تعدد جهان‌ها را مطرح می‌کند؛ زیرا معادله‌هایی که این نظریه را مطرح می‌کنند، 10^{500} جواب دارند و چون نمی‌توانند یکی از آن‌ها را انتخاب کنند، می‌گوینـــد هر کدام مربوط به یک جهان اســـت. این نظریه تعدد ابعاد فضا را نیز مطرح می‌کند (مثلاً فضای ۱۰ بعدی). این‌ها نشان می‌دهند که در بعد نظری، هم نظریهٔ کوانتومی و هم نظریهٔ نسبیت با چالش روبه‌رو هستند.

مورد دیگر مســـئلهٔ ماده اســـت که آزمایش‌ها نشان می‌دهد فقط ۵ درصد جهان از مادهٔ معمولی ســـاخته شـــده و ۲۰ درصد مادهٔ تاریک (ناشـــناخته) است. ۷۰ درصد هم انرژی تاریک داریم؛ یعنی نوعی دیگر از ماده که آن را هم نمی‌شناسیم. مشاهداتی که فیزیک‌دان‌ها در کیهان‌شناسی داشتند، این نتیجه را در بر داشت که حرکت انبساطی جهان شتاب‌دار است و این شتاب مثبت است. لذا گفتند باید مادهٔ جدیدی در کار باشد که ناشناخته است و اسم آن را انرژی تاریک گذاشتند.

بااین‌وضعیت، تکلیف فیزیک‌دان‌ها چیست؟ اکثریت فیزیک‌دان‌ها (از جمله در کشور ما) از چیزهایی که مد شده است پیروی می‌کنند ولی بعضی از فیزیک‌دانان و ریاضی-فیزیک‌دانان طراز اول دنیا - می‌گویند ایده‌های جدید برای تحول و نوآوری لازم است.

۵. سخن آخر (چند نکته به‌عنوان تذکر)

۱. فیزیک در کشور ما روند سالمی ندارد. آقای دایسون مطرح می‌کند که ما با دو نوع فیزیک‌دان و ریاضی‌دان روبه‌رو هســـتیم: پرنده‌صفت که آفاق را می‌بینـــد و قورباغه‌صفت که فقط اطراف خود را می‌بینند (اکثر فیزیک‌دان‌ها از نوع دوم هســـتند). آن‌هایی که از نوع اول‌اند و توانایی دارند، باید به سراغ مسائل کلان بروند. در کشـــور ما نیز تعدادی از این فیزیک‌دان‌ها هستند ولی به کار گل واداشته شده‌اند.

۲. یکی از برندگان جایزهٔ نوبل گفته اســـت که در این چهل ســـال اخیر یک مقالهٔ قابل خواندن از جهان اســـلام به دســـت او نرســـیده است و آنچه مسلمانان انجام داده‌اند، مربوط به گذشته اســـت یا در غرب انجام شـــده است. این نشـــان‌دهندهٔ افت تحقیقات علمی در جهان اسلام است.

۳. یکـــی از مشـــکلات، مســـئلهٔ نگارش مقاله و مد بودن آن اســـت. امـــروزه وقتـــی به دانشـــجویان ممتاز مسئله‌ای داده می‌شود، اصرارشـــان بر این اســـت که مسئله‌ای باشـــد که منجر به مقاله گردد. این موضوع، کشور را به سطحی بودن می‌کشاند.

بعضی نظریه‌ها از جمله ابرریسمان مسئلهٔ تعدد جهان‌ها را مطرح می‌کند؛ زیرا معادله‌هایی که این نظریه را مطرح می‌کنند، ۱۰۵۰۰ جواب دارند و چون نمی‌توانند یکی از آن‌ها را انتخاب کنند، می‌گویند هر کدام مربوط به یک جهان است

۴. دانشـــمندان گذشـــتهٔ ما همچـــون ابن‌هیثـــم و بیرونی و خواجه‌نصیـــر هیچ‌چیـــز را بـــدون دلیل قبـــول نمی‌کردند. به عنـــوان مثال، خواجه‌نصیر این اصل در هندســـهٔ اقلیدسی را که از یک نقطه خارج از یک خط فقط یک خط به موازات آن می‌توان کشـــید، به چالش کشیده بود و می‌گفت این واضح نیست و باید استدلال کرد. دیگران استدلال‌هایی کرده بودند (مثل ابن‌هیثم و خیام). او آن‌ها را قبول نکرد و خود به استدلال پرداخت. متأسفانه وقتی صحبت از خواجه‌نصیر و ابن‌هیثم می‌شود، بعضی دوستان جاهلانه می‌گویند ما فیزیک ابن‌سینا و خواجه‌نصیر را می‌خواهیم چه‌کار کنیم. کسی نمی‌گوید باید به فیزیک گذشته برگشت بلکه باید علم روز را گرفت ولی با آن خواجه‌نصیرگونه و ابن‌هیثم‌گونه برخورد کرد.

۵. این روزها مسئلهٔ تغییر نظام آموزشی مطرح است. پیشنهاد این است که یک نظرخواهی از دست‌اندرکاران آموزش و پرورش (به‌ویژه دبیران) و دانشگاهیان صاحب‌نظر دربارهٔ محتوای آموزشی فعلی بشود و از نتیجهٔ آن در طرح تحول بنیادی آموزش و پرورش استفاده گردد تا برنامه‌ای بشود که محصولش به درد کشور بخورد، ولـــی از آنجا که قصد دارنـــد در آتیهٔ خیلی نزدیک نظام جدید را پیاده کنند، به نظر نمی‌رسد این پیشنهاد مورد توجه قرار گیرد.