دانش معاصر

زیر نظر: محمدرضا خواجه‌پور
حسین معصومی همدانی

در یک قرن اخیر، از یک سو فاصلهٔ زمانی میان پژوهش علمی و کاربردهای عملی آن در زندگی پیوسته کاهش یافته است و از سوی دیگر مرز میان شاخه‌های گوناگون علوم محوتر و دانش‌های میان رشته‌ای در حوزه‌های علوم فیزیکی، علوم زیستی و علوم انسانی جانشین شاخه‌های مجزای کلاسیک شده است. از این رو آگاهی شهروند قرن بیست‌ویکم از این مجموعهٔ دانش‌های به‌هم‌پیوسته ضرورت تام دارد و بدون این دانش‌ها زندگی در جامعهٔ امروز و شناخت خود، جامعه و جهان دشوار خواهد بود. شهروند امروزی باید با گسترهٔ وسیعی از این دانش‌ها آشنا باشد. مجموعهٔ دانش معاصر قصد آن دارد که خوانندهٔ فارسی‌زبان را با این گستره آشنا کند.

www.ketab.ir

فهرستنویسی پیش از انتشار

بیزونسکی، میشل Biezunski, Michel

سرگذشت فیزیک نوین /میشل بیزونسکی؛ ترجمه لطیف کاشیگر ـ تهران: فرهنگ‌معاصر، ۱۳۸۵.

۳۵۹ص.: جدول. ـ (دانش معاصر؛ ۲)

فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.

عنوان اصلی: Histoire de la physique moderne, 1993.

واژه‌نامه.

کتابنامه.

نمایه.

۱. فیزیک ـ تاریخ. ۲. فیزیک هسته‌ای ـ تاریخ. الف. کاشیگر، لطیف، ۱۳۰۸ ـ مترجم. ب. عنوان.

۴س ۹ب /QC ۷ ۵۳۹/۰۹

کتابخانه ملی ایران ۸۴ـ۴۵۲۰۱م

شابک ۸ـ۳۱ـ۸۶۳۷ـ۹۶۴ ISBN 964-8637-31-8

www.ketab.ir

سرگذشت فیزیک نوین

میشل بیزونسکی
ترجمهٔ
لطیف کاشیگر

فرهنگ معاصر
تهران ۱۳۸۵

www.ketab.ir

دانش معاصر ۲
زیر نظر: محمدرضا خواجه‌پور
حسین معصومی همدانی

فرهنگ معاصر
شماره ۴۵، خیابان دانشگاه، تهران ۱۳۱۴۷
تلفن: ۶۶۹۵۲۶۳۲ـ۶۶۴۶۵۵۳۰ـ۶۶۴۶۵۵۲۰
فکس: ۶۶۴۱۷۰۱۸
E-mail: farhangmo@neda.net
Website: www.farhangmoaser.com

سرگذشت فیزیک نوین
نویسنده: میشل بیزونسکی
مترجم: دکتر لطیف کاشیگر
ویراستار: حسین معصومی همدانی
حروف‌نگاری، طراحی و چاپ:
واحد کامپیوتر و چاپ فرهنگ معاصر
چاپ اول: ۱۳۸۵
تیراژ: ۳۰۰۰ نسخه

www.ketab.ir

فهرست مطالب

مقدمه ۱
پیشرفت ضربه‌ای ۲
مفهوم موج ۶

فصل ۱: صوت و نور در عصر کلاسیک ۱۳
از ارسطو تا گالیله ۱۶
انقلاب گالیله‌ای ۲۰
نخستین نظریهٔ موجی نور ۲۹
نفوذ نیوتون ۳۸
ظهور دوبارهٔ نظریهٔ موجی ۴۵
سایه و نور ۵۰
یادداشتهای فصل ۱ ..... ۵۴
کتابنامهٔ فصل ۱ ..... ۵۶

فصل ۲: اوج پیشرفت ۵۷
شکوه مکانیک کلاسیک ۵۸
از حرکت تا انرژی ۶۰
اصل بقا، یا پایستگی، انرژی ۶۴
اتم ۶۶
به هم پیوستن الکتریسیته و مغناطیس ۷۱
بینابها ۷۶
فراوانی کشف ۸۰
گرایش شدید به وحدت ۸۸
یادداشتهای فصل ۲ ..... ۹۷
کتابنامهٔ فصل ۲ ..... ۹۹

www.ketab.ir

فصل ۳: بنیانها (۱۹۲۰ - ۱۹۰۰) ۱۰۱
پلانک: ظهور ناپیوستگی ۱۰۴
نسبیت ۱۰۸
اتم در جایگاه نو ۱۱۹
نسبیت عام ۱۳۱
یادداشتهای فصل ۳ ..... ۱۴۱
کتابنامهٔ فصل ۳ ..... ۱۴۳

فصل ۴: سالهای پرشتاب (۱۹۳۳ - ۱۹۲۰) ۱۴۵
کپنهاگ ۱۴۶
گوتینگن ۱۴۹
قواعد بازی ۱۵۳
اصل طرد پاؤلی ۱۵۵
کنگرهٔ سولوه ۱۹۲۷ ..... ۱۶۲
دریایی از انرژی منفی ۱۶۷
انبساط جهان ۱۷۰
نظریهٔ کوانتومی میدانها ۱۷۵
پایه‌های مکانیک کوانتومی ۱۷۷
فیزیک یکتا ۱۷۸
یادداشتهای فصل ۴ ..... ۱۸۰
کتابنامهٔ فصل ۴ ..... ۱۸۴

فصل ۵: عصر هسته‌ای (۱۹۴۵ - ۱۹۳۳) ۱۸۵
ماشینهای نویددهنده از «علم کلان» ۱۸۶
منشأ پژوهشهای هسته‌ای ۱۹۰
کشف نوترون ۱۹۲
برهمکنش قوی ۱۹۷
نوتریتو ۲۰۰
شکافت هسته ۲۰۱
وداع با اروپا ۲۰۲
طرح منهتن ۲۰۷

www.ketab.ir

رادیو اخترشناسی ۲۱۷
یادداشتهای فصل ۵ ..... ۲۱۹
کتابنامهٔ فصل ۵ ..... ۲۲۱

فصل ۶: جهان از هم پاشیده (۱۹۶۵ - ۱۹۴۵) ۲۲۳
به سوی افزایش انرژی ۲۲۳
آیا ذرات بنیادی، به واقع بنیادی‌اند؟ ۲۲۸
از کل عالم ۲۳۲
شگفتی نگران‌کنندهٔ ذرات ۲۳۳
نقطهٔ عطفی در پژوهش ۲۳۶
اهمیت تقارن در فیزیک ۲۴۰
آن سوی آینه ۲۴۴
راه هشتگانه ۲۴۶
کوارکها ۲۴۸
مهبانگ، چلانش بزرگ و لهیدگی سُترگ ۲۵۲
یادداشتهای فصل ۶ ..... ۲۵۵
کتابنامهٔ فصل ۶ ..... ۲۵۸

فصل ۷: بازیابی وحدت (۱۹۹۰ - ۱۹۶۵) ۲۵۹
شکست خود به خود تقارن ۲۶۳
جریانهای خنثا ۲۶۵
چسب کوارکها ۲۶۶
وحدت بزرگ ۲۶۸
افسون پنهان J/Psi (جی یا پسی) ۲۷۲
زیبایی کوارک می‌آفریند ۲۷۳
شکوفایی دوبارهٔ نسبیت عام ۲۷۹
موجهای گرانشی ۲۸۲
نظریه‌های رقیب ۲۸۳
مهبانگ چیره می‌شود ۲۸۶
صفر مطلق ۲۸۸
رُمیش گرانشی ۲۸۹

www.ketab.ir

ماجرای مادهٔ تاریک (جرم گُمشده) ۲۹۱
جهان در حال تورم ۲۹۴
آیا گرانش کوانتش‌پذیر است؟ ۲۹۶
ریسمانها ۲۹۸
سرگذشت بی‌پایان ۲۹۹
یادداشتهای فصل ۷ ..... ۳۰۱
کتابنامهٔ فصل ۷ ..... ۳۰۴

فصل ۸: نظریهٔ آشوب، چشم‌اندازهای جدید برای فیزیک نوین ۳۰۵
رویکرد نوین به همتافتگی ۳۱۲
یادداشتهای فصل ۸ ..... ۳۱۵
کتابنامهٔ فصل ۸ ..... ۳۱۷

کتابنامهٔ کلی ۳۱۸
واژه‌نامه (فارسی ـ انگلیسی ـ فرانسه) ۳۲۱
اعلام ۳۳۲
نمایه ۳۴۵

www.ketab.ir

مقدمه

هدف کتابی که پیش روی شماست، سرگذشت فیزیک نوین، بیشتر شناساندن فیزیک معاصر است نه فهماندن آن. فیزیکی که با صفاتی مانند دشوار، پیش‌بینی‌نشدنی، گُستاخ و واکنشگر شناخته شده است. وانگهی این سخنها تازه نیست. تاریخ فیزیک سرگذشتی پر از پیکار و نفی و اثبات است و پر از شاهراهها و بن‌بستهاست. تصویر «عِلمِ خاص» از آن، فقط بیان سلطهٔ گذرای یک جهان‌نگری است (سلطه کیفیت با ارسطو، سپس مکانیک، نوژی، الکترسیته، نسبیت و کوانتوم). دقیقتر که نگاه کنیم، می‌بینیم که مفاهیم آن از میان دودلیها سربرآورده‌اند. بیشتر، پیروانش بوده‌اند که بر آنها جامهٔ تقدس پوشانده‌اند. آنچه فیزیک در پی آن است به‌هیچ‌وجه آن چیزی نیست که در آموزش آن ارائه می‌کنند؛ حتا می‌شود گفت که نفی آن است. با گذشت زمان، پیچیدگی نه تنها کاهش نمی‌یابد، بلکه روبه‌افزایش است: طبیعت مقاومت می‌کند.

با وجود این، در این سرگذشت با ثابتهایی نیز برخورد می‌کنیم. فیزیکدانان به فرضیه‌های جسارت‌آمیز، ضد شهودی و برخلاف عقل سلیم گرایش دارند. آنان با بی‌اعتنایی به طبیعت نمی‌نگرند، آن را به پرس و جو می‌کشند، می‌چلانند، بیش از اندازه ساده می‌کنند. همچنین، در فروکاست نظریه‌های پیشین شهره‌اند (این کار را «پیشرفت»

www.ketab.ir

می‌گویند)، می‌کوشند توصیف جهان را زیر پرچم مفهومی یکتا وحدت بخشند (آن را «برساخت‌ستز» می‌گویند). هرگاه از چنین کاری نتیجه بگیرند، پیش از همه خود فیزیکدانان شگفت‌زده خواهند شد و خواهند گفت مگر چنین چیزی شدنی است.[۱]

پیشرفت ضربه‌ای

به‌نظر توماس اس. کوهن، فیزیک به ضرب انقلابهای علمی پیشرفت می‌کند، زیرو روشدنهای شدیدی که یکباره مفهومهای پذیرفته شده را زیر ضربه می‌گیرد. باری، به‌کار گرفتن واژهٔ «انقلاب»، در اشاره به تحولهای مهم به کوپرنیک برمی‌گردد که، با اعلام گردش زمین[۲] به دور خورشید، تغییر عظیمی در مفاهیم پذیرفته شدهٔ زمان خود به‌وجود آورد.

در میان دلمشغولیهای فیزیکدانان، توصیف حرکت، که به «مکانیک» معروف شده، یکی از قدیمی‌ترین آنهاست. حتا، ارسطو در این باره نظرات بسیار قاطعی دارد. همین ارسطو است که برای اوّلین بار اظهار کرد: «حرکت یک جسم به سبب یک کنش قهرآمیز (نیرو) است و هدف آن برگرداندن جسم به جای اوّلیه‌اش است.»[۳] گالیله و

---

۱. به قول اینشتین: «چیزی که کمتر می‌توان از آن سر درآورد این است که می‌شود از جهان سر در آورد.»

۲. گردش زمین به دور خورشید را که کوپرنیک «revolution» نامید، معنای دیگر این واژه «انقلاب» است. ــم.

۳. محمدعلی فروغی در «سیر حکمت در اروپا»، جلد اول صفحهٔ ۵۳، نظر ارسطو را چنین خلاصه می‌کند: «جسمی که حرکت می‌کند، مانند حرکت سرازیر خاک و آب و حرکت سربالای هوا و آتش حرکت طبیعی است اما هرگاه ببینیم خاک یا آب رو به بالا می‌روند یا هوا و آتش به زیر می‌آیند آن حرکت طبیعی نیست و علت خارجی دارد و این قسم حرکت را قسری می‌گوییم ...»

www.ketab.ir

سپس نیوتون، با قانون معروف به لَختی، اثبات کردند که نیرو در حرکت فقط دگرگونی به‌وجود می‌آورد و جسمی که با حرکت یکنواخت جابه‌جا می‌شود هیچ نیرویی بر آن وارد نمی‌شود. بدتر اینکه، هیچ وسیلهٔ فیزیکیی وجود ندارد که تفاوت میان حرکت یکنواخت و سکون را نشان دهد. این اصل، نسبی بودن حرکت، یعنی اینکه هر گاه در جایی تنها یک حالت فیزیکی کاملاً معین وجود داشته باشد، ناظران متفاوت ممکن است حرکتهای متفاوتی ببینند، از دورهٔ نوزایی شناخته بود. در واقع، این اصل نخستین امکان توصیف یک پدیدهٔ فیزیکی مطلق، یعنی ناوردا ست که به کمک آن توانستند با حذف مشاهده‌گر در مشاهده، همهٔ دیدگاههای گوناگون را هم‌ارز کنند.

قانون لَختی گالیله (حرکت یکنواخت انگار مانند بی‌حرکتی است) کاملاً ضدشهودی است. در حالی که به اعتقاد بیشتر مورخان علوم، این قانون گواهی ولادت فیزیک معروف به کلاسیک است. بنابراین فیزیک، یقیناً از همان آغاز پایه‌گذاری، راهی برای توصیف نظری واقعیت گشود ــ و آن هم فقط نوعی از واقعیت! ــ اما به شیوه‌ای که با عقل سلیم همخوانی ندارد. همهٔ پدیده‌هایی که نظریه توصیف نمی‌کند، به دلیل ناسازگاری، به‌کنار گذاشته می‌شوند. اینکه یک کیلو پَر و یک کیلو سُرب همزمان به زمین نمی‌رسند، ــ و این یکی از نتایج ناسازنمای قانون گالیله دربارهٔ سقوط آزاد اجسام است ــ چنین توضیح داده می‌شود که آزمایش در خلأ انجام نمی‌شود و دیگر اینکه هوا راه حرکت پَر را بیشتر سد می‌کند تا سُرب را. چون مدت زمان درازی قادر نبودند خلأ نسبتاً خوبی بیافرینند تا از آزمایش پاسخ قطعی بگیرند، به فیزیک اعتبار داده‌اند تا روزی بتواند امکانات انجام دادن چنین آزمایشی را فراهم آورد!

از همان آغاز می‌بینیم که فیزیکدانان در بنیانگذاریهای نظریشان دربند دغدغه‌های آزمایش نمی‌مانند. می‌گویند، این نظریه باید درست باشد، حتا اگر ظواهر خلافش را نشان دهد. کار سخت، وارد شدن در این بازی است. همین که وارد بازی شویم، کارها آسان می‌شود. برای کشف پدیده‌های جدید، اغلب فقط کافی است «فرمان را به سمت درست بچرخانیم». منطق موجود در فرمولبندی ریاضی را که اغلب از زیبایی بسیار زیادی برخوردار است، از هم بگشاییم. توانایی و ویژگی فیزیک نیز در همین رهایی از تجارب روزانه و در آمیخته شدن با روابط ممتاز به زبان ریاضی است.

دقیقاً همین‌هاست که فیزیک را پُر رمز و راز و جذاب ساخته است. فیزیکدانان از موهبتی ناپیدا برخوردارند که آن را «شم فیزیکی» می‌گویند: آمیزه‌ای از شهود، گستاخی در نظریه‌پردازی، رهایی از روزمرگی، اما وابسته به تجربه (در اینجا منظور از تجربه بیشتر دریافتهای واقعی زندگی است نه تجربهٔ برآمده از آزمایش در آزمایشگاه) و نیز وابسته به واقعیت فیزیکی که از طریق مجموعه‌ای پیچیده از نظریه‌ها ساخته و تعبیر می‌شود. اینها گاهی ناهمساز یا ناجورند. اما درست‌تر این است که آنها را قیاس‌ناپذیر وصف کنیم، یعنی اینکه نمی‌شود یکی را با پیمانهٔ دیگری سنجید و رابطهٔ ساده‌ای میان آنها برقرار کرد.

اگر فیزیک را فعالیتی پیچیده می‌یابیم، برای این است که واقعیت پیچیده است. کسی که به فیزیک معاصر علاقه داشته باشد، آن را با جان و دل حس می‌کند. علم ساده تنها علمی است که برای پاسخ به نیازمندیهای انتقال و آموزش به مرتبهٔ جزم درآمده باشد. چنین علمی اغلب به‌سان مجموعه‌ای از قاعده‌های دلخواه ظاهر می‌شود: اما آن

www.ketab.ir

چنان در فرهنگ مردم ریشه دوانیده که تنها بینش ممکن از دنیا تلقی می‌شود. فیزیک تنها آنگاه این پندار سادگی را در ما برمی‌انگیزد که به مجموعه‌ای از دستورهای غذایی گوارش‌ناپذیر، فروکاسته شده باشد.

فیزیک نوین دیدی از جهان است. بر توصیفی از مفاهیم نظری استوار شده که از شهود روزمره به دور است. وارث پیشرفتهایی است که در مورد فیزیک کلاسیک عموماً دوست دارند آنها را به زمان گالیله برگردانند. این بدین معنا نیست که علم در سده‌های میانی، در عصر عتیق یا تمدنهای غیر ما، وجود نداشته است. بلکه فقط بدین معنای ساده است که گالیله بنیانگذار سنت کلاسیک است.

فیزیکدانان، عموماً، در قید و بند تاریخ نیستند. آنان نظریه‌ای را به‌دنبال نظریه‌ای دیگر دور می‌ریزند تا نظریه‌هایی را بپذیرند. هنگامی که نظریه‌هایی را که مدت زمان درازی ارزشمند بوده‌اند دور می‌ریزند، دورریزی آنها تنها زدودن گرد و خاکهای سادهٔ زودگذر نیست، تیشه به ریشه می‌زنند، و شگفت اینکه، نظریه‌ها گاهی قیاس ناپذیرند: یکی نمی‌آید جای دیگری را بگیرد. آشیانه‌ای را که نظریهٔ پیشین در آن آرام گرفته بود دقیقاً اشغال نمی‌کند. زیرا فراتر از آن می‌رود و جایی را می‌گیرد که پیش از آن چندین نظریه در اختیار داشته‌اند. در نتیجه، هر نوآوری مفهومی بزرگ، آرایش پیشین چیزها را درهم می‌ریزد.

این کتاب بر این است که فیزیک نوین را از دیدی اساساً مفهومی معرفی کند. در این راستا، و بویژه برای بازسازی شاخصهای گاهشماری، در فصل اوّل به دردسرهایی اشاره خواهیم کرد که مفهومهای بنیادین موج و نقطهٔ مادی در پیچ و خم تاریخ نظریه‌های صوت و نور با آنها روبه‌رو بوده‌اند. ما در توصیف کلاسیک تاریخ فیزیک، دانسته، مکانیک گالیله‌ای-نیوتونی را محور اصلی تکامل

انتخاب نکرده‌ایم. زیرا گزارش تلاشهای تدوین کردن نظریهٔ موجی برای صوت و نور پرمایگی و باروری مفاهیم کلاسیک فیزیک را برجسته‌تر می‌کند. بویژه مکانیک نیوتونی به توصیف موجی بسیار وابسته بوده است. افزون بر آن، ترتیب زمانی فصلها بر اهمیت فیزیک نوین تأکید دارد، از این‌رو، فصل اوّل تحول مفهوم موج را تا میانه‌های سدهٔ نوزدهم گردهم می‌آورد. فصل دوم به بازساختهایی که در پایان سدهٔ نوزدهم رخ داد می‌پردازد. فصلهای بعد سدهٔ بیستم را به برهه‌های تقریبی ۲۰ ساله تقسیم می‌کند. در این تقسیم‌بندیها نیز گسلهای زمانی مهم رعایت شده است. برای نمونه، سالهای ۱۹۳۳ و ۱۹۴۵ که آغاز و پایان نازیها را نشان می‌دهد، درست به‌سبب وضع سیاسی حاکم بر جهان، در سرگذشت فیزیک نیز پراهمیت بوده است.

مفهوم موج

هنگام صحبت از موج بلافاصله موجهای دریا در خاطرمان زنده می‌شوند. اما انسان سده‌ها از فهم علمی این پدیدهٔ طبیعی به ظاهر ساده ناتوان بوده‌است. مفهوم فیزیکی موج، همچون هر مفهوم فیزیکی دیگر، از موج دریا تنها به آن ویژگی‌هایی نظر دارد که به کار گسترش نظریه می‌آید. هرگونه یگانه‌پنداری این واژه‌ها با معنای اصلی آن سرچشمهٔ ناسازنمایی و بدفهمی خواهد شد. از آغاز سدهٔ نوزدهم گرایشها جهت عوض کرد: انبوهی از کشفهای آزمایشگاهی اهمیت پدیده‌های موجی را آشکار ساختند و نظریه‌های موجی جدید با آزمایش سازگاری بیشتری نشان می‌دادند. نه تنها نظریهٔ موجی نور خود را بر فیزیکدانان تحمیل کرد، بلکه موج مفهوم مرکزی همهٔ فیزیک شد. آکوستیک، علم اصوات، یا به‌طور خلاصه صوت، از همان ابتدای ظهورش جولانگاه

www.ketab.ir

نظریهٔ موجی شد، و از این بابت بر اُپتیک، که در آن زمان هنوز زیر سلطهٔ نظریهٔ موجی نرفته بود، پیشی گرفت. در میانه‌های سدهٔ نوزدهم، نظریهٔ الکترومغناطیس، الکتریسیته و مغناطیس را به جرگه پدیده‌های موجی درآورد: در نتیجه نور به بخش کوچکی از گسترهٔ امواج الکترومغناطیسی فروکاسته شد. تکوین هیدرودینامیک، چنانکه از نامش پیداست، مطالعهٔ حرکت شاره‌هاست، طبعاً جای وسیعی برای مفهوم موج باز کرد. مفهومی که در مطالعهٔ انتقال گرما نیز مطرح شد. بدینسان، در سدهٔ نوزدهم مفهوم موج در اینجا و آنجا بر پهنهٔ فیزیک چیره می‌شود، درست مانند مفهوم ذرهٔ مادی که بر فیزیک سده‌های هفدهم و هجدهم چیره شده بود.

مفهوم موج آهسته آهسته حوزه‌های مختلفی را که مجموع آنها به قول انگلوساکسونها «فلسفهٔ طبیعی»، یا بنا بر آئین دکارتی فرانسه، «علوم فیزیکی» خوانده می‌شد فرا می‌گیرد. مفهوم موج، از آغاز سدهٔ نوزدهم، با گام نهادن در حوزه‌های گرما، اُپتیک، دینامیک شاره‌ها، نجوم، الکتریسیته و.... جایگزین مفهوم ذره می‌شود که اساس فیزیک کلاسیک است که میراث گالیله یا نیوتون بود. اگر بخواهیم درست‌تر گفته باشیم واژهٔ «جایگزین شدن» در اینجا اغراق‌آمیز است. زیرا دید موجی رویکرد مکانیک‌مداری را کامل می‌کند و به شرح پدیده‌هایی می‌پردازد که مکانیک از شرح آنها ناتوان بوده است: برای نمونه، در اُپتیک، زمان درازی توصیف ذره‌ای را به موازات توصیف موجی به‌کار می‌بردند: «گویهای نور»، مانند گلوله‌های معمولی، از روی آینه بر می‌جهند، این مانع پراشیده شدن نور و ایجاد پدیدهٔ تداخل نمی‌شود که فقط نظریهٔ موجی می‌تواند آن را توضیح دهد. این همزیستی یک نظریهٔ هندسی با نظریهٔ موجی برای توصیف پدیده‌های نوری ستیزه‌آمیز

www.ketab.ir

نیست مگر به چشم کسانی که در تلاش‌اند، از جهان، دیدی کاملاً یکتا داشته باشند. درواقع، بسته به مورد، گاهی این توصیف و گاهی توصیف دیگر کارساز است. قرن نوزدهم، سدهٔ لیبرالیسم است. بر افکار فیزیکدانان نیز لیبرالیسم حاکم است. موج، مرکزیت خود را از دست می‌دهد، ولی اهمیت خود را نگه می‌دارد. مکانیک کوانتومی، که در وهلهٔ اوّل مکانیک «موجی» نامیده می‌شد، دربارهٔ بنیاد فیزیک بحث راه انداخت و سرانجام دوگانگی سنتی موج و ذره را پشت سر گذاشت.

رویکرد ذره‌ای که فیزیک نوین را به کل متمایز ساخت، از پایان سدهٔ نوزدهم آغاز شده است. اتم از نو مد روز می‌شود. ماکسول، با ادغام مغناطیس و الکتریسیته یکی از پیشگامان فیزیک نوین می‌شود. اینشتین در تلاش برای تعمیم نظریهٔ ماکسول موفق شد نظریهٔ نسبیت خاص را بیافریند و با ابداع ذرهٔ نور، راه گسترش نظریهٔ کوانتومی پرداختهٔ ماکس پلانک را گشود.

پیوند میان مفهوم میدان و مفهوم حرکت، در نسبیت خاص، بر یکه‌تازی مکانیک کلاسیک در کوششهایش برای وحدت‌بخشی به قانونهای فیزیک پایان می‌بخشد. بویژه که با تعمیم دادن نظریهٔ نسبیت به سامانه‌های شتابدار که به دست اینشتین انجام و به نظریهٔ جدید گرانش منجر شد، دو برهمکنش بنیادی، یعنی گرانش و الکترومغناطیس، در کل فیزیک آشکار شد. در همان ایام، یعنی در دور و بر سالهای دههٔ ۱۹۲۰، پیدایش مکانیک کوانتومی که خیلی زود به تنها نظریهٔ توانا برای توصیف پدیده‌ها در مقیاس خُرد تبدیل شد، یورش دیگری بر مکانیک کلاسیک بود.

فیزیک، با گام نهادن در حریم شیمی، علمی که به برهمکنشهای میان اجسام خالص درست شده از اتمها می‌پردازد، بر اتم چیره می‌شود و آن

را به سازاهای بنیادیش تجزیه می‌کند: اوّل به الکترون دور یک هستهٔ مرکزی می‌پردازد، که شرح رفتار آن منشأ دانشی به نام «فیزیک اتمی» است. سپس نوبت به هسته می‌رسد، کشف می‌کنند که هسته خودش از ذرات بنیادی ساخته شده است. نخست پروتون را پیدا می‌کنند و در ابتدای سالهای دههٔ ۱۹۳۰ نوترون را نیز کشف و به آن اضافه می‌کنند. مطالعهٔ انفجار هسته‌ای، فیزیک هسته‌ای را به‌وجود می‌آورد. جستجوی ذرات بنیادی در همین‌جا متوقف نمی‌شود، زیرا معلوم می‌شود این ذرات تنها ذره‌های سازندهٔ ماده نیستند. در واقع، خانوادهٔ کاملی از ذرات، معروف به ذرات بنیادی، وجود دارد. بعدها دریافتند که پاره‌ای از این ذرات بنیادی از ذرات بنیادی‌تری، کوارکها، تشکیل شده‌اند. شگفت‌آور نیست که امروزه سؤال شود که آیا کوارکها نیز به نوبهٔ خود از چیزهای دیگر درست نشده‌اند، ... فیزیکی که برهمکنشهای میان این ذرات خیلی ریز را بررسی می‌کند، مکانیک کوانتومی است. ولی از مکانیک تنها نامش رادارد، زیرا مفاهیم آن، که گاهی همان نام خویشاوندان بسیار دور کلاسیک‌شان را دارند، عمیقاً دستکاری شده است.

مشکلات ریاضی بزرگی که، پس از موفقیتهای اوّلیه درتلاش برای یافتن پیوند میان مکانیک کوانتومی و نسبیت ــ البته خاص ــ سربلند کرده بودند از میان برداشته شدند و در پایان سالهای دههٔ ۱۹۴۰، رشتهٔ جدیدی، الکترودینامیک کوانتومی، پا به عرصه نهاد. سپس طرح کرومودینامیک کوانتومی ریخته شد، سبب این نامگذاری این است که در وهلهٔ نخست برهمکنش میان کوارکها را بررسی می‌کند که موجب تغییر «رنگ» می‌شود: باری، کوارکها می‌توانند سه رنگ آبی، سبز و سرخ و نیز پادرنگهای، پادآبی، پادسبز و پادسرخ داشته باشند. روشن است که در اینجا رنگها فقط ویژگیهای انتزاعی را نشان می‌دهند.

www.ketab.ir

این واقعیت که مکانیک کلاسیک نقش پویای خود را در کوشش برای وحدت‌بخشی فیزیک ازدست داده، سبب از میان رفتن این کوششها نشده است. درست برعکس، اینشتین تلاش کرد دو برهمکنشی را که می‌شناخت، یعنی الکترومغناطیس و گرانش را در هم ادغام کند. سی سال آخر عمر خود را در این کار صرف کرد و به‌رغم تلاشهای متعدد و پی‌گیر، به نتیجه نرسید. با این حال، تلاش برای وحدت‌بخشی میدان را خالی نکرد، بلکه بر اساس دیگری، بر پایهٔ فیزیک کوانتومی، از سرگرفته شد. در سالهای دههٔ ۱۹۶۰، موفق شدند الکترومغناطیس را با برهمکنش ضعیف یکی کنند. برهمکنش ضعیف رفتار ذراتی را که در آنها پرتوزایی رخ می‌دهد توصیف می‌کند. بعدها، «وحدت بزرگ» میان نظریهٔ بالا، معروف به «الکتروضعیف» و برهمکنش قوی را (که به ذرات سنگین مربوط می‌شود) کشف کردند. امروزه فیزیکدانان روی «ابَروحدت» کار می‌کنند، امیدوارند برهمکنش گرانشی را، که جدا از دیگر برهمکنشها مانده است، به آنها ملحق کنند. با به فرجام رسیدن این تلاشها، شاهد همگرایی جدیدی میان فیزیک بینهایت کوچک و فیزیک بینهایت بزرگ، یا درست‌تر گفته باشیم بینهایت پیر، خواهیم بود: فیزیکدانان ذرات امیدوارند در شتابدهنده‌های خود شرایطی را بازسازی کنند که فقط چند ثانیه پس از انفجار بزرگ، یا مهبانگ، بر شوربای نخستین جهان حاکم بوده است. مطالعهٔ کهکشانهای دور به مطالعهٔ ذرات بنیادی می‌رسد.

می‌بینیم که، در تاریخ فیزیک معاصر ثابتهایی وجود دارد. جستجو برای رسیدن به بیشترین سادگی برای توصیف طبیعت ادامه دارد. به دنبال چیزی هستند که ناوردا می‌ماند. چیزی که به جا می‌ماند، چیزی که خواص تقارنی دارد. این ملاحظات زیباشناختی در بنیادِ خود پژوهش

طبیعت ریشه دارد. طبیعت همچنان به زبان ریاضی نوشته شده است و باید به شیوهٔ بسیار برازنده و تا آنجا که ممکن است ساده فرمول‌بندی شود.

در کنار این جریان چیره بر فیزیک نظری معاصر، حوزه‌های جدیدی پا به‌عرصه می‌گذارند، هراز گاهی نظریه‌هایی را که زمانی رد شده بودند جان دوباره می‌بخشند. مکانیک کلاسیک و ترمودینامیک، به‌خصوص به‌سبب کارهایی که روی تلاطم انجام شده، دور دوم جوانی شان را از سرگرفته‌اند. واژه‌های «آشوب» و «ابهام» که تا چندی پیش با فیزیک بیگانه شمرده می‌شدند، به آن راه یافته و تکیه‌گاه رویکردهای نوینی شده‌اند که در چارچوبهای طرح پیشین نمی‌گنجند.

پایان سدهٔ بیستم هیچ شباهتی به پایان سدهٔ نوزدهم ندارد. در آن زمان برخیها از پایان کار نزدیک فیزیک خبر می‌دادند، زیرا تصور می‌کردند تمام، یا تقریباً تمام، قوانین طبیعت کشف شده‌اند. امروزه فیزیکدانان متواضع شده‌اند. زیرا به خوبی می‌دانند نگاهی که به جهان دارند تنها حوزهٔ بسیار ناچیزی از آگاهیها را می‌بیند و جهان به‌رغم انباشت همهٔ اطلاعات، و درست به سبب همین انباشت، هنوز پرسشهای بی‌پاسخ فراوان دارد. سیل اشتیاق به فیزیک نه تنها فروکش نکرده که به شدت جاری است.

www.ketab.ir