

اتم و ماده

کایل کرکلند

ترجمه‌ی

سارا ایزدیار – علی هادیان

زمنیات مازیار

فهرست مطالب

۷	پیشگفتار
۹	مقدمه
۱۱	۱. فیزیک اتمی و مولکولی
۱۱	مشاهده‌ی اتم‌ها: میکروسکوپ تونلی روبشی
۱۳	جدول تناوبی عناصر
۱۶	اجزاء مختلف اتم
۱۶	باریکه ذرات
۲۲	انرژی هسته‌ای
۲۷	نیروهای مولکولی
۳۱	نانوتکنولوژی
۳۶	سفرهای خارق‌العاده
۳۹	۲. حالت‌های ماده
۳۹	ماده: مجموعه‌ای از اتم‌ها
۴۱	تغییر حالت ماده
۴۳	گاز: عامل حرکت موشک
۴۴	مایع: عامل چرخش چرخ آسیاب
۴۸	جامدات: ساخت پیکره‌ها
۵۰	پلازما: پیشرانش، تلویزیون و همجوشی هسته‌ای
۵۳	۳. آب
۵۴	مهم‌ترین مولکول حیات
۵۵	مولکول‌های قطبی
۵۷	بالارفتن از لوله‌ی نازک: اثر موینگی
۵۹	راه‌رفتن حشرات روی آب
۶۰	برف و یخ

۶۴

باروری ابرها و ایجاد باران

۶۷

۴. مواد

۶۸

شمشیر، هواپیما و سکه: نقش فلزات در تمدن

۷۳

اندازه گیری مقاومت ماده

۷۹

شیشه و سرامیک های دیگر

۸۲

پلاستیک: زنجیره ی طولانی مولکول ها

۸۴

بسپارش (پلیمریزاسیون)

۸۸

الیاف مصنوعی

۹۱

جلیقه ی ضد گلوله

۹۴

مواد مرکب (کامپوزیت)

۱۰۱

پوشش محافظ شاتل فضایی: کاشی های مقاوم در برابر حرارت

۱۰۳

پروتز: اندام مصنوعی بدن

۱۰۶

مواد آینده

۱۱۳

۵. سازه ها

۱۱۴

آسمان خراش های قدیمی

۱۲۱

بتن و فولاد

۱۲۶

آسمان خراش های مدرن

۱۳۲

آسانسورهای فضایی - برج های آینده

۱۳۷

نتیجه گیری

۱۴۱

واحدهای SI و تبدیل ها

۱۴۳

فرهنگ اصطلاحات

۱۷۲

نمایه

فیزیک اتمی و مولکولی

دانشمندان معمولاً تنها چیزهایی را باور می‌کنند که ببینند و تجربه کنند. ولی آن‌ها وجود اتم را پذیرفتند با این که کسی آن را ندیده است.

وجود اتم‌ها را می‌توان از روش‌های دیگری غیر از مشاهده‌ی مستقیم تأیید کرد. مواد مرکب از ترکیبات مختلف عناصر ساخته شده‌اند و ماده در ابتدایی‌ترین سطح خود از ذرات کوچک تشکیل شده است. نتیجه‌ی تحقیقات دانشمند بریتانیایی به نام جان دالتون (۱۸۴۴-۱۷۶۶) و دیگر شیمیدانان و فیزیکدانانی که به مطالعه‌ی ماده پرداختند این بود که هریک از عناصر شیمیایی اصلی با یک ذره‌ی خاص مرتبط است که به نظر می‌رسید قابل شکستن به اجزاء کوچک‌تر نیست و احتمالاً کوچکترین قطعه‌ی ممکن ماده است. به همین دلیل با اقتباس از کلمه‌ی یونانی *atomos* به معنی تقسیم‌ناپذیر، اتم نامیده شدند.

بعدها وجود اتم تأیید شد و با پیشرفت تجهیزات و اندازه‌گیری‌ها دانشمندان به‌زودی موفق به انجام اکتشافات زیادی در مورد اتم‌ها شدند، از جمله این که اتم‌ها در حقیقت تقسیم‌پذیر هستند. فیزیک در سفری هیجان‌انگیز انسان را به قلمرو اتم‌ها برده‌است: اتم‌ها از ذرات به‌مراتب کوچکتری تشکیل شده‌اند که می‌توانند بصورت باریکه‌های بسیار مفیدی ظاهر شوند. به‌علاوه اتم‌ها می‌توانند به اجزاء کوچکتر شکسته شده و با تولید مقادیر زیادی انرژی مثل شمشیری دولبه هم برای جنگ و ویرانی و هم در خدمت اهداف بشردوستانه مورد استفاده قرار گیرند. دنیای بسیار کوچک اتم‌ها و مولکول‌ها هنوز به‌طور کامل درک نشده است ولی با دست‌یابی روزافزون فناوری به ابعاد کوچک‌تر، اهمیت آن روزبه‌روز افزایش می‌یابد. امروزه فیزیکدانان می‌توانند حتی تصویری از یک اتم ارائه بدهند.

مشاهده‌ی اتم‌ها: میکروسکوپ تونلی روبشی

اشیاء یا از خود نور گسیل می‌کنند یا نور گسیل شده از منابع دیگر را منعکس کرده و به این ترتیب قابل رؤیت می‌شوند. فقط به این دو طریق می‌توان توسط نور

جدول تناوبی عناصر

در اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ دانشمندان متوجه شدند که تعداد کمی از مواد، اجزاء تشکیل دهنده‌ی بنیادی مواد دیگر هستند - یعنی تمام مواد مرکب و مخلوط از این مواد بنیادی تشکیل شده‌اند و آن‌ها را عنصر نامیدند. همچنین دانشمندان متوجه شدند که مواد را می‌توان بر اساس ویژگی‌هایشان به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی کرد. برخی مواد در دمای اتاق جامد هستند و برخی دیگر گاز یا مایع. برخی مواد مانند هیدروژن، تمایل شدیدی به واکنش با دیگر مواد دارند و برخی مواد نیز مانند نیتروژن، پایدارتر هستند. در سال ۱۸۶۸ شیمیدان روسی مندلیف (۱۸۳۴-۱۹۰۷) روشی را برای طبقه‌بندی مواد به شکل یک جدول یافت، به این ترتیب که مواد با ویژگی‌های مشابه را در یک ستون قرار داد. بعد دید در جدول ویژگی جالبی ظاهر شد. با حرکت در سطرها و جدول، بعضی از خواص مهم مثل تمایل به واکنش به روشی ویژه با دیگر مواد، به‌طور متناوب ظاهر می‌شوند. مندلیف جدولی شامل ۶۲ عنصر که تا آن زمان شناخته شده بود رسم کرد. این همان جدول تناوبی عناصر است «جدول تناوبی عناصر را در صفحه ۱۴۶ و ۱۴۷ ببینید».

مندلیف توانست به مجموعه‌ی به‌ظاهر تصادفی عناصر که جهان را تشکیل می‌دهند نظم ببخشد. همچنین با استفاده از این جدول توانست پیش‌بینی‌های مهمی انجام دهد. مندلیف بر اساس جاهای خالی جدول وجود عناصر دیگری را که در آن زمان ناشناخته بودند پیش‌بینی کرد. عناصر مزبور باید در جاهای خالی جدول قرار بگیرند و دارای خواص مربوط به ستون خود باشند. معلوم شد که مندلیف درست فکر می‌کرده. به‌عنوان مثال او وجود عنصر ژرمانیم را پیش‌بینی کرد که بعداً در سال ۱۸۸۶ کشف شد.

در حال حاضر تعداد عناصر به ۱۱۶ رسیده است. نود تا از آن‌ها در طبیعت یافت شده‌اند و بقیه اغلب تنها در آزمایشگاه و برای مدت زمان کوتاهی ساخته می‌شوند یا در ابرنواخترها (رویدادی انفجاری که در پایان عمر برخی ستارگان بزرگ اتفاق می‌افتد) یافت می‌شوند. زمانی که مندلیف جدول خود را ارائه کرد دانشمندان تصور می‌کردند اتم‌ها ذراتی سخت و تقسیم‌ناپذیرند. اوایل قرن بیستم بود که فهمیدند عدد اتمی که با «۱» برای هیدروژن شروع می‌شود، نشان دهنده‌ی تعداد ذراتی به نام پروتون در هسته‌ی اتم است.

جدول تناوبی مندلیف پیشرفت مهمی بود که سرانجام سرنخ‌های متعددی در مورد ویژگی‌ها و خواص اتم‌ها ارائه کرد. ما در این فصل مستقیماً به جدول تناوبی عناصر نمی‌پردازیم ولی کار مهم مندلیف سفری بود زود هنگام و راه‌گشا به قلمرو مولکول‌ها و اتم‌ها.

معمولی اشیاء را مشاهده کرد. اتم‌ها کوچک‌تر از آن هستند که بتوانند به‌تنهایی نور زیادی را گسیل یا منعکس کنند و حتی قدرتمندترین میکروسکوپ‌های نوری نیز قادر نیستند برای مشاهده‌ی اتم‌ها تنظیم شوند. اندازه‌ی اتم‌ها معمولاً در مقیاس نانومتر (nm) بیان می‌شود که هر نانومتر برابر با یک میلیارد متر است. هر اتم کربن ۰/۱۵ نانومتر قطر دارد، آنقدر کوچک که میلیون‌ها از آن در نوک مداد جای می‌گیرند. اتم هسته‌ای دارد حاوی ذراتی به نام پروتون. هر اتم با تعداد پروتون‌های درون هسته شناخته می‌شود. هر عنصر دارای اتم منحصر به‌خود است. در قسمت «بیشتر بدانید» تحت عنوان «جدول تناوبی عناصر» به اطلاعات بیشتری در مورد عناصر دسترسی خواهید داشت.

ابزاری به نام میکروسکوپ تونلی روبشی یا STM قادر به تشخیص و شناسایی یک اتم منفرد است اما برای این کار از نور استفاده نمی‌کند. این میکروسکوپ دارای یک حسگر سوزن‌مانند بسیار کوچک است که تقریباً هم‌سطح ماده‌ی مورد مطالعه قرار می‌گیرد اما همان‌طور که در شکل ۱.۱ نشان داده شده با سطح تماس ندارد. نوک این حسگر چنان کوچک و تیز است که تنها یک یا دو اتم در نوک آن جای می‌گیرند. حسگر مزبور هادی الکتریسیته است و بخش مهمی از فناوری این دستگاه محسوب می‌شود. یک ولتاژ کوچک به حسگر متحرک اعمال شده و موجب می‌شود الکترون‌ها بین سطح ماده و حسگر پرش کنند. الکترون‌ها ذراتی با بار منفی‌اند و همان‌طور که در فصل‌های بعدی خواهیم گفت جزو اجزای تشکیل دهنده‌ی اتم‌ها هستند. الکترون‌های متحرک تشکیل جریان الکتریکی می‌دهند، خواه مثل مدارهای آشنای خانگی در سیم مسی حرکت کنند خواه بین یک حسگر نوک‌تیز و سطح ماده. این جریان را می‌توان به‌دقت اندازه‌گیری کرد.

چگونه الکترون‌ها بین حسگر و سطح ماده پرش می‌کنند؟ از آنجا که حسگر با سطح تماس ندارد فاصله‌ی کوچکی بین این دو وجود دارد. این فاصله بسیار کوچک است: تقریباً برابر یک صدهزارم ضخامت ورق کاغذ. همین فاصله‌ی اندک نیز برای جریان مانع محسوب می‌شود. اگر ولتاژ اعمالی به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد الکترون‌ها در این فاصله پرتاب می‌شوند و جرقه ایجاد می‌کنند، مثل زمانی که ولتاژ ۲۰,۰۰۰ ولت به دهانه‌ی شمع خودرو اعمال می‌شود. اما این جرقه می‌تواند باعث تخریب مواد حساس شود. در میکروسکوپ تونلی روبشی ولتاژ اعمالی کم است ولی الکترون‌ها هم‌چنان و بدون اینکه جرقه ایجاد کنند طی پدیده‌ای نامتعارف به نام «تونل‌زنی» بین حسگر و سطح ماده جابجا می‌شوند. این پدیده در

شاخه‌ای از فیزیک به نام مکانیک کوانتومی توضیح داده می‌شود که رفتار ذرات بسیار کوچکی مثل الکترون را شرح می‌دهد. الکترون‌ها مطابق مکانیک کوانتومی