جرم اتمی و جرم مولکولی:

مقدمه

سدیم فلزی نرم و نقره‌ای رنگ است. اگر این فلز با پوست تماس پیدا کند پوست می‌سوزد زیرا سدیم با رطوبت پوست واکنش می‌دهد. کلر نیز گازی سبزرنگ و سمی است. اگر تکه‌ای از فلز سدیم را در بالنی محتوی گاز کلر وارد کنیم واکنش شدیدی رخ داده و بلورهای سفید رنگ نمک عام پدید می‌آید.

سدیم و کلر موادی با خواص مختلف هستند. اما وقتی با هم ترکیب می‌شوند، ماده جدیدی با خواص جدید تولید می‌کنند. نوع ماده جدید و میزان ماده تشکیل شده را می‌توان با انجام محاسباتی مشخص کرد. به این محاسبات، به اصطلاح، استوکیومتر گویند. با انجام این محاسبات می‌توان میزان هر یک از مواد اولیه لازم برای یک واکنش را مشخص کرد و با این کار، بازدهی واکنش را به حداکثر رساند. برای انجام این کار، باید با ساختار مواد مختلف آشنا شد و سپس نحوه واکنش دادن مواد را با هم بررسی کرد و سپس به انجام محاسبات لازم پرداخت.

نظریه‌های اتمی اولیه

نخستین نظریه اتمی را فیلسوفی به نام دموکریتوس حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد ارائه داد. طبق این نظریه، هر ماده‌ای از ذرات بسیار ریزی به نام اتم تشکیل شده بود. این نظریه تنها تصویری ذهنی از اتم بود و پایه و اساس علمی و تجربی نداشت. اتم هم با چشم دیده نمی‌شد. لذا نظریه دموکریتوس چندان مورد توجه قرار نگرفت و فیلسوفان بزرگی چون ارسطو و افلاطون آنرا رد کردند. این نظریه به فراموش سپرده شد تا اینکه در سال ۱۸۰۸، جان دالتون براساس نگرش علمی خود به قوانین شیمی شناخته شده در آن زمان، با استدلال، نظریه اتمی خود را ارائه کرد. فرضیات این نظریه عبارتند از:

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

۱. هر عنصر از ذرات بسیار ریز و تفکیک‌ناپذیری به نام اتم تشکیل شده است.

۲. تمامی اتم‌های یک عنصر خواص شیمیایی یکسان دارند.

۳. اتم‌های عناصر مختلف، خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند.

۴. از ترکیب اتم‌های عناصر مختلف، مواد مرکب به وجود می‌آیند. این اتم‌ها با نسبت‌های معین با هم ترکیب می‌شوند.

۵. طی واکنش‌های شیمیایی هیچ اتمی ایجاد نمی‌شود یا از بین نمی‌رود. هیچ اتمی نیز به اتم عنصر دیگر تبدیل نمی‌شود.

به مرور زمان با کشف ذرات زیر اتمی و ایزوتوپها، نظریه دالتون تا حدی تصحیح شد. با این نظریه می‌توان دو قانون اساسی شیمی را که تا آن زمان کشف شده بود توضیح داد:

۱- قانون بقای جرم: در واکنش‌های شیمیایی، اتم‌ها از بین می‌روند و به اتم‌های دیگر تبدیل نمی‌شوند. لذا تغییری در جرم به وجود نمی‌آید.

۲- قانون نسبت‌های معین: طبق این قانون، یک ماده مرکب از ترکیب عناصر معین با یک نسبت جرمی معین پدید می‌آید. چون اتم‌ها با نسبت‌های معین با هم ترکیب می‌شوند (فرضیه ۴)، لذا نسبت جرمی آنها باید ثابت باشد.

دالتون با توجه به نظریه اتمی خود، قانون سومی را پیشنهاد کرد که قانون نسبت‌های چندگانه نامیده شد. طبق این قانون، اگر دو عنصر با هم ترکیب شوند و چند ماده مرکب تولید کنند، نسبت جرم‌هایی از یک عنصر که با جرم معینی از عنصر دیگر ترکیب می‌شود، نسبتی صحیح و کوچک مانند ۱: ۲ است. برای مثال، کربن و اکسیژن می‌توانند کربن مونوکسید و کربن دی‌اکسید تولید کنند. در کربن مونوکسید، یک اتم کربن با یک اتم اکسیژن و در کربن دی‌اکسید، یک اتم کربن با دو اتم اکسیژن ترکیب شده است. لذا جرم‌های اکسیژن که با جرم ثابتی از کربن

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

ترکیب می‌شود، نسبت ۱: ۲ دارد.

پس از دالتون، فیزیک‌دانان نشان دادند که اتم‌ها از ذرات کوچکتری تشکیل شده‌اند. مهمترین این ذرات، الکترون، پروتون و نوترون هستند. الکترون‌ها ذراتی با بار الکتریکی منفی هستند و در اطراف هسته اتم می‌چرخند. پروتون‌ها بار مثبت دارند و به همراه نوترون‌ها که بدون بار هستند، هسته اتم را تشکیل می‌دهند. هسته اتم بسیار تراکم بوده و تقریباً تمامی جرم اتم در آن متمرکز است.

در هر اتم، تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها برابر است. لذا اتم در حالت عادی خنثی است. تعداد پروتون‌ها خاصیت اصلی هر عنصر را مشخص می‌کند. به تعداد پروتون‌ها عدد اتمی گویند و آن را با Z نشان می‌دهند.

به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها، عدد جرمی گویند و آن را با A نشان می‌دهند. اتم‌های یک عنصر می‌توانند تعداد نوترون‌های متفاوتی داشته باشند. مثلاً در عنصر هیدروژن، سه نوع هسته مختلف شناسایی شده است. تمامی این هسته‌ها یک پروتون دارند اما می‌توانند ۰، ۱ یا ۲ نوترون داشته باشند. به چنین هسته‌هایی که در عدد اتمی یکسان و در عدد جرمی اختلاف دارند، ایزوتوپ گویند. برای مشخص کردن این هسته‌ها، نماد عنصر را نوشته و عدد اتمی و عدد جرمی را به صورت زیر، در کنار نماد قرار می‌دهند: (X نماد فرضی عنصر است.)

$$^{A}_{Z}X$$

لذا ایزوتوپ‌های هیدروژن را می‌توان با نمادهای $^{1}_{1}H$ ، $^{2}_{1}H$ ، $^{3}_{1}H$ از یکدیگر متمایز کرد.

جرم اتمی

عدد جرمی هر اتم نشان‌دهنده تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در آن اتم است. جرم نوترون و پروتون کمی با هم متفاوت است. لذا عدد جرمی نمی‌تواند ملاک خوبی برای شیمی‌دانان در زمینه‌هایی چون حل مسئله، محاسبه بازده واکنش و ... باشد. بنابراین شیمی‌دانان به دنبال راهی بودند که بتوانند به هر اتم، جرمی نسبت دهند. اتم خیلی کوچک است و با ترازوهای بسیار دقیق هم نمی‌توان جرم آن را اندازه گرفت اما می‌توان نسبت جرم دو اتم را تعیین

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

کرد. لذا می‌توان به اتمی جرم معینی نسبت داد و جرم بقیه اتم‌ها را نسبت به آن اندازه گرفت. به جرم اتمی بدست آمده از این روش، جرم اتمی نسبی می‌گویند. تا به حال استانداردهای مختلفی برای تنظیم جرمی اتمی بیان شده است. مثلاً در ابتدا جرم اتم هیدروژن را یک فرض کرده و جرم بقیه اتم‌ها را براساس آن تعیین کردند. پس از مدتی، جرم اتم اکسیژن را دقیقاً ۱۶ واحد فرض کرده و جرم بقیه عناصر براساس آن محاسبه کردند. پس از کشف ایزوتوپ‌ها، فیزیک‌دانها تصمیم‌گرفتند واحد جرمی را $\frac{1}{16}$ جرم اتم فراوان‌ترین ایزوتوپ اکسیژن، یعنی $^{16}_{8}O$ در نظر بگیرند. اما به علت وجود کمی ایزوتوپ $^{18}_{8}O$ ، این دو مقیاس اندکی با هم تفاوت پیدا کرد.

سرانجام در سال ۱۹۶۱ فیزیک‌دانان و شیمی‌دانان به توافق رسیدند که واحد جرم اتمی را $\frac{1}{12}$ جرم اتم انتخاب کنند. واحد جرم اتمی را با u یا amu نشان می‌دهند. مثلاً جرم اتمی هیدروژن و اکسیژن بر این اساس، به ترتیب ۱/۰۰۸ و ۱۵/۹۹۹ واحد کربنی است.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir