



شیمی عمومی و عکاسی

(رشته هنر)

پویا زمانیان

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاوردهای انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام(ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست

پیشگفتار	یازده
راهنمای مطالعه‌ی کتاب	سیزده
هدف کلی کتاب	پانزده
 فصل اول - شیمی عمومی	۱
اهداف یادگیری	۱
۱-۱ تاریخچه پیدایش علم شیمی	۱
۲-۱ عناصر موجود در جدول تناوبی	۸
۱-۲-۱ فلز	۸
۲-۲-۱ نافلز	۸
۳-۲-۱ شبه فلز	۹
۴-۲-۱ گازهای نجیب	۹
۳-۱ معرفی گروه‌های جدول تناوبی	۹
۱-۳-۱ هیدروژن یک خانواده‌ی تک عضوی	۱۰
۲-۳-۱ گروه اول: گروه فلزهای قلیایی (Li - Na - K - Rb - Cs - Fr)	۱۰
۳-۳-۱ گروه دوم: گروه فلزهای قلیایی خاکی (Be - Mg - Ca - Sr - Ba - Ra)	۱۱
۴-۳-۱ گروه‌های سوم تا دوازدهم (عناصرهای واسطه)	۱۱
۵-۳-۱ گروه ۱۳ تا ۱۸	۱۲
۶-۳-۱ هالوژن‌ها	۱۲
۷-۳-۱ گازهای نجیب	۱۳
۴-۱ شرکت عناصر در واکنش‌ها برای تشکیل پیوندهای مختلف	۱۳
۵-۱ انواع پیوندها برای تشکیل عناصر جدید به شرح زیر هستند	۱۴
۱-۵-۱ پیوند یونی	۱۴

۱۵	۱-۵-۲ پیوند کووالانسی
۱۷	۱-۵-۳ پیوند داتیو (کووالانسی کوئوردینانس)
۱۷	۱-۵-۴ پیوند فلزی
۱۹	۱-۶ نیروهای بین مولکولی (نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی)
۱۹	۱-۶-۱ نیروهای واندروالسی
۲۱	۱-۶-۲ نوع دوم - پیوند هیدروژنی
۲۲	۱-۷ دسته‌بندی کلی عناصر و ترکیبات
۲۲	۱-۷-۱ مواد مرکب
۲۴	۱-۷-۲ مواد مخلوط
۲۵	۱-۸ بررسی مواد
۲۶	۱-۹ ترکیبات به‌کار رفته در عکاسی
۲۶	۱-۹-۱ هیدروکربن‌ها
۲۸	۱-۹-۲ آمین
۲۹	۱-۹-۳ آمینو فنول
۳۱	۱-۹-۴ عوامل قلیایی‌کننده
۳۲	۱-۹-۵ سولفیت سدیم
۳۲	۱-۹-۶ برموریتاسیم
۳۳	۱-۹-۷ هیپوسولفیت سدیم
۳۳	خودآزمایی

۳۷	فصل دوم - تاریخچه‌ی کشف و ابداع مواد حساس به نور
۳۷	اهداف یادگیری
۳۷	۲-۱ تاریخچه‌ی کشف و ابداع مواد حساس به نور
۳۸	۲-۲ کشف حساسیت نقره به نور
۳۹	۲-۳ هلیوگرافی
۴۰	۲-۴ داگروتایپ
۴۲	۲-۵ کشف ماده‌ی ثبوت
۴۲	۲-۶ کالتوتایپ
۴۳	۲-۷ کلودیون تر
۴۵	۲-۸ کلودیون خشک
۴۶	۲-۹ شکل نهایی فیلم‌های عکاسی
۴۷	۲-۱۰ انواع امولسیون
۴۷	۲-۱۱ فیلم‌های رنگی
۴۸	۲-۱۲ ظهور برجسته
۴۸	۲-۱۳ ثبت رنگ
۴۹	۲-۱۳-۱ چاپ کربن
۵۰	۲-۱۳-۲ صفحات مشبک اتوکروم

۵۲	۳-۱۳-۲ کداکروم
۵۳	۴-۱۳-۲ چاپ کروموزنیک
۵۴	۱۴-۲ فیلم‌های پولاروید
۵۵	۱۵-۲ عکاسی دیجیتال
۵۸	خودآزمایی

۶۱	فصل سوم - ساختار مواد حساس به نور
۶۱	اهداف یادگیری
۶۲	۱-۳ ساختار مواد حساس به نور
۶۲	۲-۳ نقره
۶۴	۳-۳ حساسیت
۶۶	۴-۳ تأثیر حساسیت فیلم بر کنتراست و وضوح تصویر
۶۷	۵-۳ واکنش هالوژن نقره به نور
۶۸	۶-۳ ژلاتین
۶۹	۱-۶-۳ ویژگی‌های مورد استفاده‌ی ژلاتین در ساخت امولسیون
۷۰	۷-۳ امولسیون
۷۰	۱-۷-۳ روش پخت و ساخت امولسیون
۷۲	۸-۳ حساسیت امولسیون به طیف‌های مختلف رنگ
۷۳	۹-۳ انواع امولسیون‌های مورد مصرف
۷۴	۱۰-۳ بیس یا پایه‌ی فیلم
۷۶	۱۱-۳ لایه‌ی ضد هاله
۷۸	۱۲-۳ انواع فیلم‌ها در عکاسی
۷۸	۱۳-۳ ساختمان فیلم سیاه و سفید
۷۹	۱۴-۳ فیلم‌های لیت
۷۹	۱۵-۳ ساختمان کاغذهای عکاسی سیاه و سفید
۸۱	۱۶-۳ کنتراست در کاغذهای عکاسی
۸۲	۱۷-۳ ساختمان فیلم‌های رنگی
۸۴	۱۸-۳ ساختمان کاغذهای عکاسی رنگی
۸۶	۱۹-۳ انواع کاغذ عکاسی
۸۶	۱-۱۹-۳ متالیک
۸۶	۲-۱۹-۳ سیلک یا ابریشمی
۸۷	۳-۱۹-۳ لاستر یا مخملی
۸۷	خودآزمایی

۸۹	فصل چهارم - ظهور در عکاسی
۸۹	اهداف یادگیری
۹۰	۱-۴ عملیات ظهور سیاه و سفید در عکاسی
۹۰	۲-۴ ظهور

۹۱	۳-۴ ترکیبات محلول ظهور
۹۲	۱-۳-۴ عامل ظهور
۹۲	۲-۳-۴ متول
۹۳	۳-۳-۴ فنیدون
۹۳	۴-۳-۴ هیدروکینون
۹۴	۵-۳-۴ عامل قلیایی کننده
۹۶	۶-۳-۴ عامل نگهدارنده
۹۷	۷-۳-۴ عامل ضدخفگی
۹۹	۴-۴ ترکیبات اضافی به کار رفته در محلول ظهور
۹۹	۵-۴ تأثیر عوامل فیزیکی در ظهور
۱۰۰	۶-۴ عوامل فیزیکی تأثیرگذار در ظهور
۱۰۱	۷-۴ تأثیر عوامل شیمیایی در ظهور
۱۰۲	۸-۴ توقف
۱۰۴	۹-۴ ثبوت
۱۰۶	۱-۹-۴ انواع محلول‌های ثبوت
۱۰۶	۲-۹-۴ طول عمر محلول ثبوت
۱۰۷	۳-۹-۴ بازیابی نقره‌ی موجود در محلول ثبوت
۱۰۸	۱۰-۴ شستشوی نهایی امولسیون
۱۱۱	۱۱-۴ فرایند ظهور برگردان یا ریورسال
۱۱۳	۱۲-۴ اندازه‌گیری غلظت نقره
۱۱۶	۱۳-۴ برطرف کردن ایرادهای فیلم
۱۱۷	۱-۱۳-۴ اصلاح نگاتیوهای ضعیف و کم کنتراست
۱۱۸	۲-۱۳-۴ نگاتیوهای بسیار قوی و پرکنتراست
۱۱۹	خودآزمایی

۱۲۱	فصل پنجم - ظهور رنگی
۱۲۱	اهداف یادگیری
۱۲۱	۱-۵ پیدایش عکاسی رنگی
۱۲۳	۲-۵ ساختار امولسیون رنگی
۱۲۵	۳-۵ کداکروم
۱۲۸	۴-۵ کروموزنیک
۱۲۹	۵-۵ جلوگیری از حرکت رنگ‌سازها درون امولسیون
۱۲۹	۶-۵ ترکیبات ظهور رنگی
۱۲۹	۱-۶-۵ عامل ظهور
۱۳۰	۲-۶-۵ عامل فعال کننده
۱۳۰	۳-۶-۵ عامل تشدیدکننده

۱۳۱	۴-۶-۵ عامل نگهدارنده یا محافظ
۱۳۱	۵-۶-۵ عامل ضد خفگی
۱۳۱	۷-۶-۵ جفت گر کمکی
۱۳۲	۷-۵ مراحل ظهور رنگی
۱۳۴	۸-۵ ظهور مثبت
۱۳۵	۹-۵ شرایط ظهور رنگی
۱۳۶	خودآزمایی
۱۳۹	پاسخنامه
۱۴۱	کتابنامه

پیشگفتار

یکی از ملزومات ثبت تصویر در داخل دوربین‌های عکاسی اولیه یا همان اتاقک تاریک، مواد حساس به نور بودند. بدون وجود ماده‌ای که بتواند در مقابل نور از خود واکنش نشان دهد، تکامل عکاسی امکان‌پذیر نبود.

عکاس قرن پیش، نه تنها مواد ظهور و ثبوت عکس‌ها، بلکه ماده‌ی حساس مصرفی‌اش را نیز می‌بایست خود آماده می‌کرد. لازمه‌ی این مهارت، شناختن مواد مورد استفاده بود.

یک عکاس در گذشته نه تنها هنرمند، بلکه لازم بود یک شیمیدان آگاه نیز باشد. بدون شناخت عناصر و واکنش‌های آنها در مراحل مختلف، امکان انجام پروسه‌ی طولانی و پیچیده‌ی ثبت تصویر امکان‌پذیر نبود. عکاس می‌بایست در تاریک‌خانه مواد حساس را آماده و، آن را بر روی سطوح مورد نظر می‌مالید، درون دوربین نوردهی می‌کرد و سپس طی مراحل مختلف با استفاده از محلول‌هایی که خود می‌ساخت، تصویر ثبت شده را ظاهر و چاپ می‌کرد.

حدود یک قرن و اندی طول کشید تا محققان، توانستند سنسورهای دیجیتال را جایگزین فیلم‌های عکاسی کنند و عکاس را از انجام مراحل سخت و طولانی ظهور و چاپ تصویر بی‌نیاز نمایند.

امروزه برای گرفتن یک عکس تنها کافی است یک دوربین دیجیتال در اختیار داشته باشید و بتوانید آن را روشن کرده و با فشردن یک دکمه، عکس خود را بگیرید، درست همان کاری که عکاس قرن پیش می‌بایست با ساعت‌ها کار متوالی و سخت و با گذراندن سال‌ها تجربه انجام دهد.

تا قبل از ورود دوربین‌های عکاسی دیجیتال، هر کسی عکاس نام نمی‌گرفت. دانستن و انجام این رشته نیازمند آگاهی و ممارست بسیار بود، اما اکنون تمام افرادی که توانایی تهیه‌ی یک دوربین دیجیتال را داشته باشند، خود را عکاس می‌دانند.

دیگر کسی نیازمند آگاهی نسبت به ساختار امولسیون در فیلم‌ها و کاغذهای عکاسی نیست. چگونگی ترکیب محلول‌های شیمیایی برای ساخت مواد ظهور و ثبوت به درد کسی نمی‌خورد، چرا که عکاسی آنالوگ دیر زمانی است رخت بر بسته و از دنیای هنر بیرون رفته است. اما برای افرادی که در این شاخه به صورت تخصصی فعالیت می‌کنند و تنها به فشردن یک دکمه برای ثبت تصویر قانع نیستند، دانستن پیشینه‌ی مواد مصرفی در عکاسی آنالوگ خالی از فایده نمی‌باشد. زیرا اگر حتی یک بار هم در سرتاسر زندگی حرفه‌ای خود در رشته‌ی عکاسی، نیازمند آگاهی نسبت به ترکیب امولسیون یا روند ساخت محلول‌های ظهور و ثبوت نباشند، حداقل با دیدگاهی قدرشناسانه به آنچه در عکاسی به دست آورده‌اند خواهند نگریست.

کتاب پیش رو سعی دارد نقاط مشترک علم شیمی با عکاسی را برجسته‌تر نماید، به همین دلیل فصل اول کتاب به خلاصه‌ای موجز و ساده از علم شیمی اختصاص داده شده است و در آن به ترکیب موادی اشاره می‌شود که بیشتر در عکاسی آنالوگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. سپس در فصل‌های بعد، علاوه بر اشاره‌ای کوتاه به تاریخچه‌ی شکل‌گیری و ساخت مواد مصرفی در عکاسی، به ترکیب مواد ظهور مورد مصرف در عکاسی سیاه و سفید و عکاسی رنگی پرداخته می‌شود.

همچنین سعی شده است مطالب موجود در کتاب، از منابع معتبر و موثق جمع‌آوری شود و تا حد ممکن عاری از خطا، به روز و جدید باشد و بنابر شیوه‌ی آموزش از راه دور در دانشگاه پیام نور، بتواند به صورت یک خودآموز مورد استفاده قرار گیرد.

در نگارش فصل اول کتاب از راهنمایی‌های همکار ارجمندم سرکار خانم امیرخانی بهره برده‌ام که جای تشکر فراوان دارد. فصل‌های دیگر کتاب نیز برگرفته از تجربیات شخصی و مباحث ارزنده‌ای است که از منابع ذکر شده در پایان کتاب برگرفته شده است. امید است که این کتاب موجب آشنایی هرچه بیشتر دانشجویان با مباحث علمی و عملی عکاسی در شاخه‌ی شیمی شود.

در خاتمه از همکاری صمیمانه‌ی کلیه همکاران به‌ویژه آقای دکتر محمدعلی ابراهیمی (مدیریت محترم تدوین)، آقای محمدرضا ثمری (معاون محترم تدوین)، سرکار خانم مینا حاجی انزهایی (کارشناس محترم تدوین) به دلیل زحمات بی‌دریغ‌شان در راستای چاپ کتاب، کمال سپاسگزاری و امتنان را دارم.

راهنمای مطالعه‌ی کتاب

کتاب پیش رو از چهار فصل تشکیل شده است. فصل اول خلاصه‌ای جامع و مختصر درخصوص با شناسایی مواد و عناصر موجود در جهان، ساختار آنها و چگونگی تشکیل آنها است. و از این رهگذر اطلاعاتی در رابطه با شیمی عمومی به خواننده ارائه می‌دهد. فصل دوم کتاب به ترکیبات و مواد اولیه‌ای می‌پردازد که در تاریخ عکاسی و به‌دست عکاسان و افراد مختلف ساخته و مورد استفاده قرار گرفت. از اولین ترکیبات ساخته شده با قیر تا ساختار اصلی و اولیه‌ی دوربین‌های عکاسی دیجیتال. فصل سوم کتاب به ترکیب محلول‌ها و موادی می‌پردازد که در ظهور عکاسی سیاه و سفید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بخش جزء به جزء مواد مصرفی در ترکیبات ظهور و ثبوت عکاسی بررسی شده است. فصل آخر کتاب نیز ساختار ترکیبات مصرفی در ظهور امولسیون‌های رنگی را بررسی می‌کند. در انتهای کتاب و در بخش منابع، دانشجو با کتاب‌هایی بسیار جامع و مناسب با علم شیمی عکاسی آشنا می‌شود که در صورت تمایل به آشنایی با مباحثی پیچیده‌تر و گسترده‌تر می‌تواند به آنها مراجعه کند.

هدف کلی کتاب

براساس سیاست‌های کلی دانشگاه پیام نور مبنی بر آموزش از راه دور، کتاب پیش رو سعی دارد با ارائه‌ی مباحثی پیرامون شیمی عمومی و شیمی عکاسی، به دانشجو کمک کند تا بتواند با مباحث تئوری و علمی موجود در عکاسی آشنا شود. کتاب پیش رو سعی دارد ضمن آشنایی اولیه‌ی دانشجو با ساختار اصلی اتم‌ها، چگونگی تشکیل پیوندهای مختلف و ساخت مواد جدید را به آنان ارائه نماید. در ضمن اینکه تاریخچه‌ی مختصری از شکل‌گیری مواد مورد مصرف در عکاسی از جمله انواع فیلم‌ها و کاغذها هم مدنظر قرار گرفته است. این کتاب دانشجو را با ترکیب اصلی موادی که در عکاسی آنالوگ و تاریکخانه با آنها سر و کار دارد آشنا می‌سازد به نحوی که بتواند در صورت لزوم آنها را تولید نمایند.

فصل اول

شیمی عمومی

اهداف یادگیری

در این فصل از دانشجو انتظار می‌رود:

۱. با نظریه‌های مختلف در رابطه با پیدایش علم شیمی آشنا شود.
۲. با جدول تناوبی و عناصر موجود در آن آشنا شود.
۳. با ساختار اتم و اجزای تشکیل‌دهنده آن آشنا شود.
۴. با پیوندهای مولکولی و چگونگی شکل‌گیری آنها آشنا شود.
۵. مواد ساده و مرکب و زیر مجموعه‌های آنها را بشناسد.
۶. با ساختار اولیه و ترکیبات سازنده مصرفی در عکاسی آشنا شود.

۱-۱ تاریخچه پیدایش علم شیمی

از زمانی که بشر شروع به استفاده از مواد و عناصر پیرامون خود نمود، همیشه به سرچشمه و ساختار اولیه‌ی آنها فکر می‌کرد و ضمن ترکیب مواد گوناگون با هم تلاش می‌کرد به ساختارهای جدید نیز دست یابد و حتی بعد از مدتی موفق به تجزیه‌ی مواد، شناخت یک‌یک آنان و نام‌گذاری آنها شد و سپس پژوهشگران مختلف مواد و عناصر موجود در آن‌را براساس قوانین خود طبقه‌بندی کردند.

یونانیان باستان از جمله امپدوسلس^۱ (در ۴۵۰ سال قبل از میلاد)، بر این باور

1. Empedocles

بودند که جهان تنها از چهار عنصر ساخته شده است، که عبارتند از: آب، هوا، خاک و آتش.

هم‌چنین ارسطو^۱ (که در سال‌های ۳۲۲ تا ۳۸۴ قبل از میلاد) زندگی می‌کرد معتقد بود، همه‌ی مواد دارای جوهر ذاتی هستند که از ترکیب چهار عامل گرمی، سردی، رطوبت و خشکی تشکیل شده‌اند. از ترکیب این جوهرها، عناصر اولیه به‌دست می‌آیند.

رابرت بویل^۲ دانشمند انگلیسی با دقت بیشتری به تجزیه و ترکیب عناصر پرداخت و براساس نظریه‌ی خود، مواد را به دو دسته‌ی عناصر و مواد مرکب تقسیم کرد.

اما از حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد، فلاسفه به ساختمان ذره‌ای ماده اعتقاد داشتند. زی مراطیس^۳ فیلسوف یونانی، اعتقاد داشت، مواد از ذرات بی‌نهایت ریز و غیرقابل تجزیه تشکیل شده‌اند. آنها این ذرات را اتم نامیدند. اتم از لغت یونانی اتم‌موس^۴ به معنای غیرقابل تجزیه گرفته شده است.

براساس تحقیقات بعدی دانشمندان، مشخص گردید اتم کوچک‌ترین ذره‌ی سازنده‌ی تمام عناصر است.

پس از تلاش بسیاری از دانشمندان بر روی این نظریه در نهایت تئوری ذره‌ای ماده (که عناصر را متشکل از ذرات بسیار ریز می‌دانست)، ارائه گردید.

اما اولین طبقه‌بندی علمی برای عناصر توسط آنتنن لاوازیه^۵ در سال ۱۷۸۹ صورت گرفت. او اغلب عناصر زمان خود را براساس شباهت‌ها و تفاوت‌های خاص، به دو دسته تقسیم کرد. مبنای طبقه‌بندی او برای عناصر، داشتن خواص فلزی و غیرفلزی بود و بر همین اساس مواد به دو دسته‌ی فلز و نافلز تقسیم شدند.

فرد ارزشمند بعدی در این زمینه جان دالتون^۶ (معلم مدرسه و دانشمند انگلیسی) است که در حدود سال ۱۸۰۸ بر روی ساختار مواد کار می‌کرد. او ضمن اعتقاد به اینکه اتم‌ها سنگ بنای مواد مختلف هستند، در رابطه با ساختار مواد، نظریه‌ای را مطرح کرد

1. Aristotle
2. Robert Boyle
3. Seimeroitos
4. Atomos
5. Antonine Lavoisier
6. John Dalton

که با روش علمی و استدلالی، تئوری اتمی او را برای توجیه و تفسیر واقعیت‌های علمی توضیح می‌داد.

دالتون در این تئوری معتقد بود:

- ماده از ذرات تجزیه‌ناپذیری به نام اتم تشکیل شده‌است.
- تمامی اتم‌های یک عنصر مشابه به یکدیگرند.
- اتم‌ها نه به‌وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.
- اتم عنصرهای مختلف، جرم و خواص شیمیایی متفاوتی از هم دارند.
- اتم عناصر مختلف به هم متصل می‌شوند و مولکول‌ها را به‌وجود می‌آورند.
- در هر مولکول از یک ترکیب معین، همواره نوع و تعداد نسبی اتم‌های سازنده، یکسان است.

- واکنش‌های شیمیایی، به دلیل جا به جایی اتم‌ها یا تغییر در شیوه‌ی اتصال آنها در مولکول‌ها رخ می‌دهد و اتم‌ها طی این واکنش‌ها تغییری نمی‌کنند.

هرچند که در زمان‌های بعد، اکثر بندهای نظریه‌ی اتمی دالتون نقض گردید، ولی در زمان خود این نظریه به دلیل اینکه توانست پدیده‌های زیادی را توجیه نماید، از مقبولیت زیادی برخوردار بود.

این تئوری برخی پدیده‌ها را در طبیعت از جمله پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی مانند ذوب‌شدن و تبخیر مواد و یا ترکیب فلزات و غیرفلزات را توجیه می‌کرد، اما ایراداتی نیز بر آن وارد بود، مثلاً نمی‌توانست علت پیدایش نظام‌های گوناگون را برای تغییر تدریجی رفتار عناصر در گروه‌ها و دوره‌های جدول تناوبی بیان کند. این نظریه قادر به بیان حالت کسری بودن جرم اتمی نبود. مضافاً بر اینکه پدیده‌ی الکترولیز مواد را نیز توجیه نمی‌کرد.

اما حدود یک قرن و اندی پیش، کامل‌ترین و بی‌نقص‌ترین نظریه در رابطه با ساختار عناصر و مواد موجود در جهان ارائه شد. این نظریه در سال ۱۸۶۹ توسط دیمیتری مندلیف^۱، دانشمند روسی مطرح گردید.

مندلیف عناصر شناخته شده‌ی زمان خود حدوداً ۶۰ عنصر را، براساس افزایش جرم اتمی کنار یکدیگر قرار داد (با توجه به این نکته که عناصر مشابه در یک خانواده

1. Dmitri Mendeleev

در کنار هم و عناصر ناجور در لابه‌لای آنها واقع شوند) و به این ترتیب جدولی ساخت و عناصر را در آن قرار داد.

مندلیف در تنظیم جدول دو اصل را رعایت کرد.

- افزایش تدریجی جرم اتمی عناصر در ردیف‌های کنار هم

- اصل تشابه خواص عناصر (قرارگرفتن عناصر با خواص مشابه در یک ستون)

مندلیف برای رعایت اصل تشابه خواص فیزیکی و شیمیایی، ناگزیر شد که برخی از خانه‌های جدول پیشنهادی خود را خالی بگذارد. او پیش‌بینی کرد که این جاهای خالی باید به عنصرهایی متعلق باشند که تا آن زمان شناخته نشده بودند. او هم‌چنین برخی از خواص این عنصرهای ناشناخته را پیش‌بینی کرد. برای نجات‌دادن جدول از تناقضات شدید، عناصر را براساس افزایش تدریجی جرم اتمی مرتب کرد. جرم اتمی، میانگین وزنی اتم یک عنصر را نشان می‌دهد. او به منظور رعایت اصل تشابه خواص در یک خانواده، عنصر سنگین‌تر را قبل از عنصر سبک‌تر جای داد.

براساس قانون تناوبی مندلیف، اگر عنصرها به ترتیب افزایش جرم اتمی در کنار هم در ردیف‌هایی قرار گیرند، خواص فیزیکی و شیمیایی آنها به‌طور تناوبی تکرار می‌شود.

البته تجزیه و تحلیل علمی بیشتر نشان داد که جرم اتمی، مقیاس مناسبی برای مقایسه‌ی خواص فیزیکی و شیمیایی عناصر و طبقه‌بندی آنها نیست و به جای آن باید از خصوصیت دیگری که عدد اتمی نام دارد استفاده کرد.

برای تعریف عدد اتمی باید به تلاش‌های برخی از دانشمندان در راستای کشف الکترون، پروتون و نوترون نیز اشاره کرد.

در اوایل قرن نوزدهم، شیمیدان انگلیسی، هامفری دیوی^۱ به بررسی الکترولیز شیمیایی، (تجزیه مواد در اثر جریان الکتریکی) پرداخت. نتیجه‌ی تحقیقات وی این بود که، عنصرها در یک ترکیب شیمیایی، با پیوندهایی که ماهیت الکتریکی دارند به هم متصل شده‌اند. او معتقد بود یک ذره‌ی باردار در اتصال عناصر به یکدیگر شرکت دارد. بعد از دیوی، مایکل فارادی^۲ با ادامه‌ی آزمایش‌ها در زمینه‌ی الکترولیز، پا در مسیری نهاد که به کشف الکترون منتهی شد. او در زمینه‌ی مقدار الکتریسیته‌ی مصرفی

1. Humphry Davy
2. Michael Faraday

در طی الکترولیز تحقیقاتی به عمل آورد.

در ادامه‌ی این تحقیقات جورج جانستون استونی^۱ در سال ۱۸۷۴ ضمن تفسیر کارهای فارادی، به این نتیجه رسید که در اتم‌ها ذرات بارداری وجود دارند. وی در سال ۱۸۹۱ به علت اینکه وقتی بعضی اجسام مالش داده می‌شدند، خاصیت الکتریسیته پیدا می‌کردند، واژه‌ی یونانی الکترون، (به معنای کهربا را) برای این ذره برگزید. رادرفورد^۲ و همکارانش، از دیگر دانشمندانی بودند که بر روی اتم و ویژگی‌های آن بسیار کار کردند. در سال ۱۹۱۹ توسط تیم او، یکی از ذرات سازنده‌ی اتم شناسایی شد. این ذره پروتون نام گرفت.

پروتون ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت است. بزرگی بار الکتریکی پروتون با بار الکترون برابر است و جرمی ۱۸۳۷ بار سنگین‌تر از جرم الکترون دارد.

یک سال بعد رادرفورد از وجود ذره‌ی دیگری در اتم سخن به میان آورد. او معتقد بود پروتون‌ها تنها ذره‌ی سازنده‌ی هسته نیستند، بلکه در هسته‌ی اتم، ذره‌ی دیگری وجود دارد که بار الکتریکی ندارد، اما جرم آن با جرم پروتون برابر است. رادرفورد ۱۲ سال بر این نکته تأکید کرد، اما در جامعه‌ی علمی آن روز، کسی گفته‌ی وی را بدون ارائه‌ی شواهد آزمایشگاهی نمی‌پذیرفت.

سرانجام در سال ۱۹۳۲ یکی از دانشجویان پرتلاش و باذکاوت او که جنیفر چادویک^۳ نام داشت، با طراحی آزمایشی هوشمندانه، وجود این ذره‌ی خنثی را در اتم به اثبات رساند. این ذره‌ی تازه کشف شده نوترون نام گرفت.

پنج سال پیش از آن‌که رادرفورد از پروتون سخنی به میان آورد، هنری موزلی^۴ یکی دیگر از دانشجویان وی که روی تولید پرتوهای X مطالعه می‌کرد، به نتایج جالبی دست یافته بود. داده‌هایی که تفسیر آنها به کشف پروتون انجامید.

موزلی با کشف عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها)، نشان داد که عدد اتمی، معیار مناسب‌تری برای تنظیم عناصر در جدول تناوبی است. به همین دلیل معیار تنظیم عناصر در جدول را تغییر داد. به‌طوری‌که در جدول تناوبی امروزی، عناصر، بر مبنای عدد اتمی تنظیم شده‌اند.

1. George Johnstone Stoney

2. Ernest Rutherford

3. Jennifer Chadwick

4. Henry Moseley

عدد اتمی، بار الکتریکی هسته‌ی اتم است که برای هر عنصر، تعداد ثابت و معینی دارد. در این نظریه، هرگاه عناصر را برحسب افزایش عدد اتمی کنار یکدیگر قرار دهیم، خواص آنها به‌صورت تناوبی تکرار می‌شود.

امروزه شیمیدان‌ها برای نمایش اتم‌ها، عنصرها و ترکیب‌ها از یک زبان جهانی استفاده می‌کنند و آنها را با نمادهای شیمیایی معرفی می‌کنند که در جدول می‌توان نام آنها را دید.

همه‌ی عناصر از اتم ساخته شده‌اند. ساختمان اتم‌ها، از الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده است. پروتون و نوترون در هسته‌ی اتم قرار دارند و الکترون‌ها در خارج از هسته، بر روی مدارهایی با سرعت زیاد به دور هسته می‌چرخند.

مدارهای دور هسته با حروف $K - L - M - N - O - P - Q$ نشان داده می‌شوند و در هر مداری تعداد معینی الکترون قرار می‌گیرد. این مدارها به ترتیب دارای $2-8-18-32$ و... الکترون هستند. مدار K معمولاً با 2 الکترون کامل می‌شود و الکترون‌های دیگر در مدارهای بعدی قرار می‌گیرند.

البته این مدارها جایگاه مشخصی ندارند و نمی‌توان محل دقیق الکترون را در اطراف هسته مشخص کرد. فضایی در اطراف هسته وجود دارد که به شکل تقریبی، احتمال وجود الکترون در آن زیاد است. این فضا اصطلاحاً اوربیتال نامیده می‌شود. هر لایه‌ی الکترونی، خود، از یک یا چند زیرلایه تشکیل می‌شود.

لایه‌ی آخر هر اتم ویژگی مهمی دارد. تعداد الکترون موجود در لایه‌ی آخر هر اتم، مشخص‌کننده‌ی ظرفیت هر اتم است. اتم‌های مختلف براساس تعداد الکترون موجود در لایه‌ی آخرشان در گروه‌های مختلف قرار می‌گیرند و ویژگی‌های مختلفی نشان می‌دهند. لایه‌ی ظرفیت می‌تواند براساس کم و زیادی تعداد الکترونی که دارد، الکترون‌های خود را از دست بدهد یا از اتم دیگر دریافت کند و یا اشباع شود یا به حالت یون دربیاید.

همان‌طور که ذکر شد، تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی اتم را اصطلاحاً عدد اتمی می‌نامند و آن را با حرف Z نشان می‌دهند.

مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هسته‌ی یک اتم را، عدد جرمی آن می‌نامند. می‌توان عدد جرمی را با نمادی مشخص، مثلاً A نشان داد. تعداد نوترون‌های

شیمی عمومی و عکاسی ۷

موجود در هسته‌ی اتم نیز با حرف N نشان داده می‌شود. می‌توان رابطه‌ی بین عدد اتمی، عدد جرمی و نوترون‌ها را به شکل: $A=Z+N$ بیان کرد.

تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در عناصر سبک، معمولاً مساوی با هم و یا با اختلاف یک عدد نوترون بیشتر است، ولی در عناصر سنگین‌تر، تعداد نوترون‌ها بیش از پروتون‌ها است.

اختلاف بین عناصر، مربوط به عدد اتمی آن‌ها، یعنی تعداد پروتون موجود در هسته‌ی آنها می‌باشد که از ۱ پروتون در اتم عنصر هیدروژن شروع و به ۱۰۴ پروتون در آخرین عنصر ختم می‌شود.

دانشمندان به کمک دستگاهی به نام طیف‌سنج جرمی، جرم اتم‌ها را با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که همه‌ی اتم‌های یک عنصر، جرم یکسانی ندارند. از آنجا که عدد اتمی و در واقع تعداد پروتون‌ها در همه‌ی اتم‌های یک عنصر یکسان است، پس تفاوت جرم باید به تعداد نوترون‌های موجود در هسته‌ی اتم مربوط باشد.

این مطالعات به معرفی مفهوم ایزوتوپ انجامید. در واقع ایزوتوپ‌ها، اتم‌های یک عنصر هستند که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوتی دارند. مثلاً با افزودن یک نوترون به هسته‌ی اتم اکسیژن، وزن آن از ۱۶ به ۱۷ تغییر می‌کند ولی در خواص شیمیایی آن هیچ تغییری به وجود نخواهد آمد.

در هسته یک اتم، پروتون، دارای بار مثبت و الکترون‌ها دارای بار منفی هستند و نوترون‌ها نیز خنثی می‌باشند.

در حالت عادی تعداد الکترون و پروتون موجود در یک اتم برابر است. یعنی در حقیقت تعداد بارهای مثبت و منفی یک اتم برابر است و اتم خنثی می‌باشد. اگر چنانچه تعادل بار مثبت و منفی اتم به هم بخورد و تعداد یکی از دیگری بیشتر شود، یون‌ها به وجود می‌آیند. اتم‌ها می‌توانند یک یا چند الکترون از دست بدهند و به یون مثبت تبدیل شوند. در این حالت، به یون‌های مثبت، کاتیون می‌گویند.

همچنین، اتم‌ها می‌توانند یک یا چند الکترون بگیرند و به یون منفی تبدیل شوند. به یون‌های منفی، آنیون می‌گویند. اتم‌هایی با بارهای الکتریکی مخالف، می‌توانند یکدیگر را برابند و به هم بچسبند و مولکول‌ها را به وجود بیاورند.

۱-۲ عناصر موجود در جدول تناوبی

براساس جدول تناوبی امروزی، هر گاه عناصر را براساس افزایش عدد اتمی در کنار یکدیگر قرار دهیم، خواص فیزیکی و شیمیایی آنها به طور تناوبی تکرار می شود. این جدول دارای ۱۸ گروه و ۷ دوره است. دوره ی هفتم ناقص است و امروزه شامل ۳۲ عنصر می باشد. طبق آخرین اطلاعات، جدول دارای ۱۱۸ عنصر می باشد. در این جدول، گروه ها عناصری هستند که در یک ستون در زیر هم قرار گرفته اند و خواص مشابه دارند و دوره، عناصری هستند که در یک ردیف افقی در کنار هم قرار دارند و خواص آنها به طور تدریجی تغییر می کند. شماره ی دوره، تعداد لایه های اصلی الکترونی را نشان می دهد. شماره ی گروه، تعداد الکترون های لایه ی آخر یا لایه ظرفیت، و شماره ی خانه، تعداد کل الکترون ها یا پروتون های اتم را نشان می دهد. جدول دارای ۸ گروه اصلی و ۱۰ گروه فرعی است (تصویر ۱-۱).

از یک دیدگاه کلی می توان عناصر جدول را به دسته های فلز، نافلز، شبه فلز، گاز نجیب و هیدروژن تقسیم کرد.

۱-۲-۱ فلز

عناصری هستند که در لایه ی آخر (لایه ظرفیت) کمتر از ۴ الکترون داشته و تمایل دارند این ۴ الکترون را از دست بدهند. بیش از ۸۰٪ عناصر جدول، فلز هستند که به جزء جیوه همگی جامدند و ویژگی های مشترک زیر دارند:

- رسانای خوب گرما و برق هستند.
- سطح براق دارند.
- قابلیت چکش خواری و شکل پذیری دارند.

۱-۲-۲ نافلز

عناصری هستند که در لایه ی ظرفیت خود، بیشتر از چهار الکترون (پنج یا شش یا هفت) دارند. آنها تمایل به گرفتن الکترون دارند. به حالت گازی یا جامدند البته به جز برم که مایع است. نافلزاتی که جامدند ویژگی های زیر را دارند.

- رسانای خوبی برای گرما و برق نیستند (به جز الماس و گرافیت).
- سطح براق ندارند.
- شکننده بوده و قابلیت چکش خواری و مفتول شدن ندارند.

۱-۲-۳ شبه فلز

برخی خواص فلزی و برخی خواص نافلزی را دارا می‌باشند و در جدول تناوبی، نوار پلکانی را به خود اختصاص داده‌اند. این گروه شامل هشت عنصر B - Si - Ge - As - Sb - Te - Po - At است.

۱-۲-۴ گازهای نجیب

گازهای نجیب عناصری هستند که در لایه‌ی ظرفیت خود (غیر از هلیوم که دو الکترون دارد)، ۸ الکترون دارند و به دلیل آرایش الکترونی پر و پایدار، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند و شامل He - Ne - Ar - Kr - Xe - Rn است. مهمترین نکته در جدول تناوبی، تشابه آرایش الکترونی لایه‌ی ظرفیت عنصرهای یک خانواده (گروه) در جدول است که باعث می‌شود تقریباً خواص مشابهی را نشان دهند.

۱-۳ معرفی گروه‌های جدول تناوبی

گروه ۱

گروه ۲

گروه‌های ۳ تا ۱۲

گروه‌های ۱۳ تا ۱۸