میراثی زوال ناپذیر

از شیمی‌دانان برای شیمی‌دانان

مهدیه سالارکیا

اشاره

راهنمای موزه که بازدیدکنندگان را به محل نمایش بنایی قدیمی هدایت می‌کرد، دربارهٔ آن چنین توضیح داد: «این بنایی است در هفت طبقه با حدود ۱۰۰ واحد. احداث آن حدود دو قرن پیش کلنگ می‌خورد و پایان کارش در نیمهٔ قرن بیستم صادر می‌شود. ...ها ... بله ... حق با شماست به‌نظر می‌رسد زمان صرف شده تناسبی با اندازهٔ بنا ندارد. فعلاً می‌توانید آن را به حساب امکانات محدود دوره‌های مختلف بگذارید. اما حیرت‌آورتر این است که عملیات ساخت آن برخلاف شیوهٔ رایج، وارونه و از بالا رو به پایین بوده است... نه اشتباه نکنید... دربارهٔ باغ‌های وارونهٔ بابل صحبت نمی‌کنیم. اما به هر حال این شرایط، خللی در برپایی آن ایجاد نمی‌کرد...!»

راهنما که پیشاپیش حاضران به دیوار روبه‌رو رسیده بود، پردهٔ روی آن را کنار زد. مثل هر بار دیگر که به این مرحله می‌رسید، مکث کوتاهی کرد تا بازدیدکنندگان با دیدن جدول تناوبی عنصرهای شیمیایی واکنش خود را نشان دهند، واکنشی که با آن آشنا بود: همه نفس بلندی به نشانهٔ آرامش، حاکی از حل شدن معما کشیدند. آنگاه راهنما ادامه داد: «ساختمان در این شرایط همچنان پابرجا بود چون قاعدهٔ بناکردن آن، به‌درستی انتخاب شده بود، اصلی به نام قانون تناوبی...»

کلیدواژه‌ها: عنصر شیمیایی، جدول تناوبی، قانون تناوبی

مقدمه

جدول تناوبی عنصرها به جرئت حکم جواز ورود به دنیای شیمی را دارد. هر کس به اطلاعات و روش استفاده از آن آگاه باشد می‌تواند در قلمرو شیمی بماند و به مطالعه ادامه دهد چرا که به‌عنوان سندی محکم، ماهیت شیمی را یک‌تنه به نمایش می‌گذارد. به یقین کسب چنین اعتباری نه تصادفی به‌نظر می‌رسد و نه شگفت‌انگیز: اگر تنها نگاهی به گذرگاه‌های تاریخی شکل‌گیری این جدول داشته باشیم.

جدول تناوبی خانهٔ عنصرهاست که شمار ساکنان آن اکنون به ۱۲۰ می‌رسد. پس می‌توان مجسم کرد سرگذشت این جدول ـ که شرح مفصلی از داستان کشف هر یک از این عنصرها را در بر می‌گیرد ـ می‌تواند چه کتاب قطوری باشد. البته زمان دقیق شناخت برخی عنصرها مشخص نیست، برای نمونه، انسان با طلا، نقره، قلع، مس، سرب و جیوه از زمان‌های بسیار دور آشنا بوده است. نخستین عنصری که با تکیه به روش‌های علمی کشف شده فسفر بود که در سال ۱۶۴۹ توسط هنینگ براند[1] معرفی شد. در خلال ۲۰۰ سال پس از این کشف، عنصرهای جدید به سرعت به عرصهٔ معلومات شیمی‌دانان پا نهادند که از پیشرفت در استفاده از روش‌های تجزیه و هنر تشخیص مواد شیمیایی نتیجه می‌گرفت.[۳] در دههٔ نخست قرن نوزدهم، سر همفری دیوی به تنهایی و با کمک برقکافت، موفق به شناسایی ۶ عنصر شد. برزیلیوس نیز ۴ عنصر دیگر را کشف کرد و تا سال ۱۸۳۰، ۵۵ عنصر شناخته شدند. این رشد بی‌سابقه، کار بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی را برای شیمی‌دانان دشوار کرده بود. بنابراین دیری نگذشت که ضرورت طبقه‌بندی عنصرها بیش از هر زمان دیگری به میان آمد. چنین بود که در مدت یک قرن و نیم برای طبقه‌بندی عنصرها، جدول‌های متعددی حتی از سوی دانشمندان حوزه‌های علمی دیگر ارائه شد. این جدول‌ها در گذر زمان و به‌طور غیرمستقیم، معرفی سامانهٔ تناوبی را زمینه‌سازی کردند. بنابراین جدول تناوبی امروزی عنصرها را باید حاصل تلاش دانشمندان بی‌شماری دانست که نام برخی از آنان با این جدول، در هم تنیده شده است در حالی که از برخی دیگر، هیچ نامی به میان نمی‌آید.

▲ شکل ۱ شانکورتوس؛ پایه‌گذار جدول تلوری، نخستین جدول براساس مفهوم تناوبی.

▲ شکل ۲جدول تناوبی،میراث زوال ناپذیر شیمی دانان

امضای پدر شیمی مدرن پای نخستین طبقه‌بندی

آنتوان لاووازیه که صاحب نخســـتین کتاب در شیمی مدرن شناخته می‌شود، در سال ۱۷۸۹، ۳۳ عنصر شناخته شده تا آن زمان را در این کتاب فهرست کرد و آن‌ها را در چهار گروه شامل گازها، نافلز، فلز و خـــاک قرار داد.[۴] لاووازیه با این اقدام برای نخستین‌بار در زمینه طبقه‌بندی عنصرها گام برداشت در حالی که هنوز هیچ تعریفی از مفهـــوم تناوبی بودن خواص، به میان نیامده بود. در واقع، می‌توان فعالیت دانشمندان برای طبقه‌بندی عنصرها را به دو دوره تقســـیم کرد. در دورهٔ نخســـت که حدود نیم‌قرن به‌طول انجامید طبقه‌بندی‌ها بر قاعدهٔ تناوبی پایه‌گذاری نشـــده بود. فعالیت‌های جان دالتون و جاکوب برزیلیوس نیز در همین دوره به معرفی و اصلاح نمادهای شیمیایی برای عنصرها اختصاص داشت.

Lavoisier's table of simple substances

Gases		Metals	
New names (French)	*Old names (English translation)*	*New names (French)*	*Old names (English translation)*
Lumière	Light	Antimoine	Antimony
	Heat	Argent	Silver
Calorique	Principle of heat	Arsenic	Arsenic
	Igneous fluid	Bismuth	Bismuth
	Fire	Cobolt	Cobalt
	Matter of fire and of heat	Cuivre	Copper
	Dephlogisticated air	Étain	Tin
Oxygène	Empyreal air	Fer	Iron
	Vital air	Manganèse	Manganese
	Base of vital air	Mercure	Mercury
Azote	Phlogisticated gas	Molybdène	Molybdena
	Mephitis	Nickel	Nickel
	Base of mephitis	Or	Gold
Hydrogène	Inflammable air or gas	Platine	Platina
	Base of inflammable air	Plomb	Lead
		Tungstène	Tungsten
		Zinc	Zinc

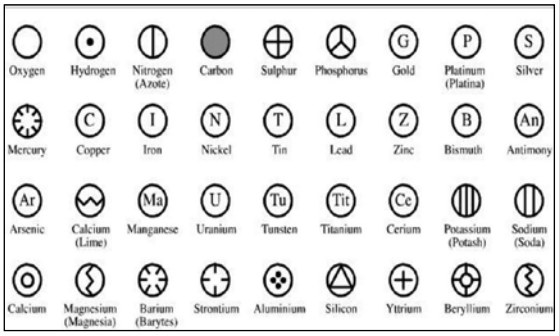
Nonmetals		Earths	
New names (French)	*Old names (English translation)*	*New names (French)*	*Old names (English translation)*
Soufre	Sulphur	Chaux	Chalk, calcareous earth
Phosphore	Phosphorus	Magnésie	Magnesia, base of Epsom salt
Carbone	Pure charcoal	Baryte	Barote, or heavy earth
Radical muriatique	Unknown	Alumine	Clay, earth of alum, base of alum
Radical fluorique	Unknown	Silice	Siliceous earth, vitrifiable earth
Radical boracique	Unknown		

▲ شکل ۳ جدول طبقه‌بندی عنصرها، ارائه شده از سوی لاووازیه

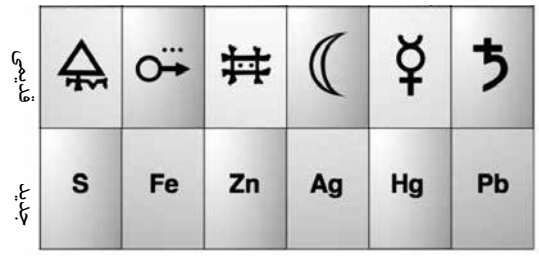
در سال ۱۸۰۳، دالتون نظریه اتمی جدید را در کتاب خود ارائه داد. از آنجا که توضیح این نظریه با نمادهای کیمیاگران ممکن نبود، دالتـــون نمادهای جدیدی به‌صورت حرف‌هایی درون یک دایره برای عنصرها تعریف کرد، شکل ۴- آ.

به خاطر ســـپردن این نمادها دشوار بود و نسبت به نمادهای قبلی چندان بهتر به نظر نمی‌رســـید اما مشخص می‌کرد که در یک ترکیب، چه عنصرهایی وجود دارد.

آ



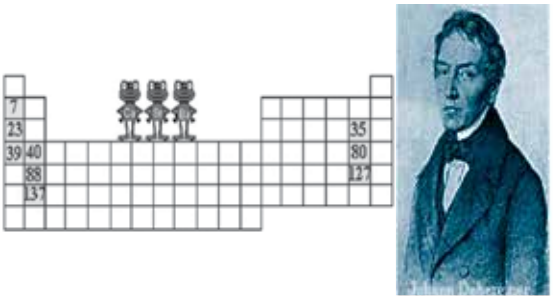
ب



▲ شکل ۴ آ. نمادهای پیشنهاده شدهٔ دالتون
ب. مقایسهٔ نمادهای شیمیایی جدید عنصرها با موارد قدیمی

لاووازیه برای نخستین بار در زمینه طبقه‌بندی عنصرها گام برداشت در حالی که هنوز هیچ تعریفی از مفهوم تناوبی بودن خواص، به میان نیامده بود

در سال ۱۸۲۸ برزیلیوس پیشنهاد کرد از حرف اول (یا دو حرف اول) نام لاتین هر عنصر برای نمایش آن استفاده شود. به این ترتیب نمادهای جدید عنصرها مشخص شد که کار نوشتن آن‌ها را راحت‌تر می‌کرد.[۴] این شیوه نمادگذاری تا امروز کاربرد خود را حفظ کرده است.



▲شکل ۵ بررسی‌های دوبراینر مقدمه‌ای برای طرح ایدهٔ تناوبی بودن خواص عنصرها بود.

قانون سه‌تایی

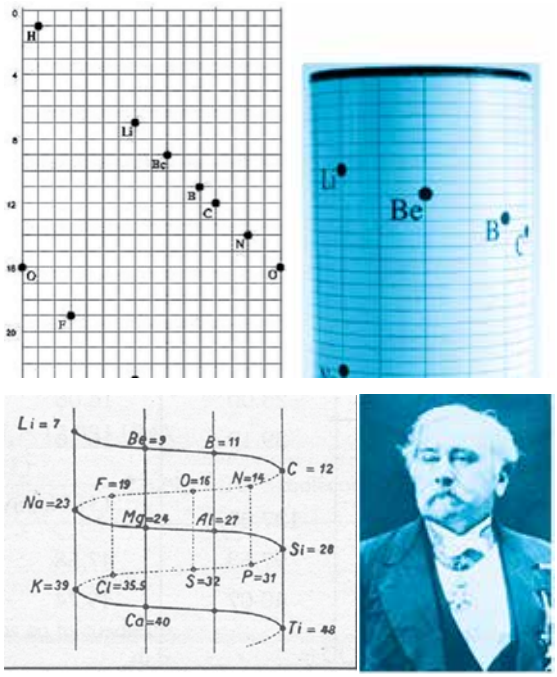
در سال ۱۸۱۷ واقعه‌ای روی داد که شیمی‌دانان را یک گام به کشف قانون تناوبی نزدیک‌تر کرد. جان ولفگانگ دوبراینر[۲]، شیمی‌دان آلمانی، متوجه شد جرم اتمی استرانسیم برابر با میانگین جرم‌های اتمی دو عنصر کلسیم و باریم است؛ رابطه‌ای میان سه عنصر که خواص شیمیایی یکسانی داشتند. وی پس از مشاهدهٔ همین ارتباط، میان سه هالوژن Cl-Br-I و سه فلز قلیایی Li-Na-K، قانون سه‌تایی[۳] را به این ترتیب تعریف کرد:

«اگر سه عنصر به ترتیب جرم اتمی ردیف شوند، خواص عنصر میانی، میانگینی از خواص دو عنصر دیگر این مجموعه است.»

این دیدگاه مبنای بررسی‌های گسترده‌ای قرار گرفت و در فاصلهٔ سال‌های ۱۸۲۹ تا ۱۸۵۸ دانشمندان دیگری از جمله ژان باپتیست دوماس[۴]، لئوپولد گملین[۵]، ارنست لنسن[۶]، ماکس فون پتنکوفر[۷] و جی.پی.کوک[۸] اعلام کردند که این رابطه در مجموعه‌های دیگر با بیش از سه عضو هم دیده می‌شود. در همین مدت فلوئور به گروه هالوژن‌ها افزوده شد. همچنین گروه O-S-Se-Te و گروه N-P-As-Sn-Bi به‌عنوان یک خانواده در نظر گرفته شدند. بنابراین با اینکه طرح قانون سه‌تایی اعتباری به‌دست نیاورد ولی دانشمندان را به سوی ایدهٔ تناوبی بودن خواص، به‌عنوان تابعی از جرم اتمی عنصرها هدایت کرد.

معرفی نخستین جدول تناوبی

سال ۱۸۶۲ بود؛ هفت سال پیش از ارائهٔ جدول تناوبی مندلیف که برای نخستین بار از مفهوم تناوبی در یک جدول استفاده شد. افتخار طرح این جدول به نام یک زمین‌شناس فرانسوی، یعنی الکساندر امیل بگوئر دو شانکورتوس[۹] ثبت شده است. وی

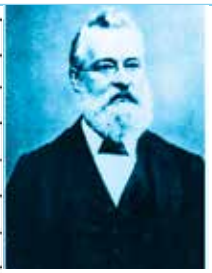


▲ شکل ۶ جدول تلوری شانکورتوس

در سطح جانبی یک استوانه، ۱۶ خط موازی با محور آن، در فاصله‌های یکسان رسم کرد در حالی‌که یک خط مارپیچی، با زاویهٔ ۴۵درجه نسبت به محور استوانه، آن‌ها را قطع می‌کرد. شانکورتوس عنصرها را به ترتیب افزایش جرم اتمی روی خط مارپیچ قرار داد.[۱] به‌طور شگفت‌انگیز، نمودار مارپیچی حاصل، شباهت میان عنصرهایی را نشان می‌داد که جرم اتمی‌شان به اندازهٔ ضریبی از ۱۶ با هم تفاوت داشت، روی یک خط عمودی واحد قرار می‌گرفتند و خواص مشابهی از خود به نمایش می‌گذاشتند. شانکورتوس نتیجه‌گیری کرد که عدد مربوط به جرم اتمی عنصرهاست که خواص آن‌ها را تعیین می‌کند. وی این جدول را جدول تلوری نامید زیرا عنصر تلور در میان این جدول جای گرفته بود.

قانون اوکتاو

دو سال پس از معرفی جدول تلوری، جان نیولندز[۱۰] بار دیگر ۵۶ عنصر شناخته شده در آن زمان را به ترتیب افزایش جرم اتمی، چنان طبقه‌بندی کرد که براساس خواص فیزیکی مشابه، در ۱۱ گروه قرار گیرند. او متوجه شد اگر مجموعه‌هایی شامل هشت عنصر پی‌درپی در این ترتیب در نظر گرفته شوند، عنصرهایی که با هم به اندازهٔ هفت عنصر فاصله دارند، خواص مشابهی از خود



H	F	Cl	Co/Ni	Br	Pd	I	Pt/Ir
Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	Tl
Ga	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba/V	Pb
B	Al	Cr	Y	Ce/La	U	Ta	Th
C	Si	Ti	In	Zn	Sn	W	Hg
N	P	Mn	As	Di/Mo	Sb	Nb	Bi
O	S	Fe	Se	Ro/Ru	Te	Au	Os

▲ شـــکل ۷ نیولندز ۵۶ عنصر را براساس خواص فیزیکی مشابه در ۱۱ گروه طبقه‌بندی کرد.

نشـــان می‌دهند.[۲] این وضعیت، برای نیولندز قاعدهٔ حاکم بر نت‌های موسیقی را تداعی می‌کرد؛ در دنیای موسیقی برای همهٔ صداها هفت نت وجود دارد و در یک پهنه گسترده از صداها، این مجموعهٔ هفت‌تایی تکرار می‌شود. بنابراین نام و صدای نت‌هایی که با هم به اندازهٔ ۷ نت فاصله دارند، مشـــابه اســـت و تنها در فرکانس صدا متفاوتند. به فاصلهٔ میان این نت‌های هم‌نام، اوکتاو گفته می‌شود. به این ترتیب نیولندز، قانون خود را قانون اوکتاو[۱۱] نامید. به هر حال، این قانون تنها تا کلسیم برقرار بود.

پدر جدول تناوبی امروزی کیست؟

لوتار می‌یر[۱۲] و دیمیتری مندلیف شیمی‌دانانی بودند که به‌طور جداگانه و همزمان، به نتایج مشابهی دربارهٔ طبقه‌بندی عنصرهای شیمیایی دست یافتند.

کتاب لوتار می‌یر در سال ۱۸۶۴، نسخهٔ خلاصه‌شده‌ای از یک جدول را دربرداشـــت که در آن عنصرها طبقه‌بندی‌شده بودند. می‌یر که این عنصرها را براساس افزایش جرم اتمی مرتب کرده بود نشـــان داد که ظرفیت عنصرها به‌عنوان تابعی از جرم اتمی، به‌طور دوره‌ای تغییر می‌کند. در سال ۱۸۶۸ او یک نسخهٔ کامل از این جدول را برای ارزیابی به دانشگاه ارائه داد اما بخت با می‌یر یار نبود و جدول مندلیف یک ســـال زودتر توسط انجمن علمی در دسترس عموم قرار گرفت در حالی که جدول می‌یر در سال ۱۸۷۰ رونمایی شد.[۳]

مندلیـــف در جریان نوشـــتن کتابی دربارهٔ شـــیمی معدنی، عنصرهای شناخته شده با خواص یکسان را در یک گروه قرار داد. بخش نخست این کتاب به شیمی هالوژن‌ها اختصاص داشت. او ســـپس به شیمی عنصرهای فلزی پرداخت و آن‌ها را با توجه به میل ترکیبی‌شان طبقه‌بندی کرد؛ در آغاز فلزهای قلیایی که میل ترکیبی (ظرفیت)۱ را به آن‌ها نسبت داد، سپس فلزهای قلیایی خاکی با میل ترکیبی۲ و... . در این مسیر طبقه‌بندی عنصرهایی همچون مس و جیوه دشـــوار بود زیرا گاه میل ترکیبی۱ نشان می‌دادند و گاهی میل ترکیبی۲ داشتند.

هنگام رفع این مشـــکل بود که متوجه شـــد در مجموعه‌های سه‌تایی شامل هالوژن ـ فلز قلیایی ـ فلز قلیایی خاکی، الگوهایی مشـــابه در خواص و جرم‌های اتمی تکرار می‌شـــود. او در ســـه مجموعه [Br-Rb-Sr]، [Cl-K-Ca] و [I-Cs-Ba] تغییر خواص مشابهی با افزایش جرم اتمی مشاهده کرد. سپس برای بررسی

اگر مجموعه‌هایی شامل هشت عنصر پی در پی در این ترتیب در نظر گرفته شوند، عنصرهایی که با هم به اندازهٔ هفت عنصر فاصله دارند، خواص مشابهی از خود نشان می‌دهند

گســـتردگی این الگو در عنصرهای دیگر تصمیم گرفت برای هر یک از ۶۳ عنصر آن زمان کارت درســـت کنـــد. روی هر کارت اطلاعات آن عنصر شـــامل نماد، جرم اتمی و خواص فیزیکی و شیمیایی درج شد. وقتی همهٔ کارت‌ها آماده شد، مندلیف آن‌ها را بر اساس افزایش جرم اتمی عنصرهای گروه‌بندی شده ردیف کرد. آنچه پیش رویش قرار گرفت جدول تناوبی بود که از روی آن موفق به ارائهٔ قانون تناوبی شد. مندلیف طرح جدول تناوبی خود را در ســـال ۱۸۶۹ منتشـــر کرد اما این آغاز راه بود؛ هنوز چالش‌هایی را پیش‌رو داشـــت. از جمله اینکه مقدار تعیین‌شده بـــرای جرم اتمی عنصرها چندان صحیح نبود. از این‌رو مندلیف عنصرها را به جای درنظر گرفتن جرم‌های اتمی، براساس شباهت در خـــواص مرتب کرد. در نتیجه، بریلیم ـ که به اشـــتباه جرم

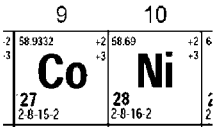
▲ شکل۸ تندیس مندلیف پای جدول تناوبی در کشور فرانسه

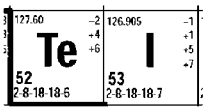
شانکورتوس نتیجه‌گیری کرد که عدد مربوط به جرم اتمی عنصرهاست که خواص آن‌ها را تعیین می‌کند

اتمی ۱۴ به آن نسبت داده شده بود ـ در گروه فلزهـــای قلیایی خاکی قرار گرفت. در مجموع، برای ۱۷ عنصر دیگر چنین جابه‌جایی‌هایی باید صورت می‌گرفت که خود نشانه‌ای از وجود خطا در مقدار جرم‌های اتمی بود.

از آنجا کـــه انتخاب جرم اتمی به‌عنوان معیار طبقه‌بندی، درست نبود حتی پس از اصلاح مقدار جرم‌های اتمی بـــاز هم لازم بود جای برخی عنصرها به محلی غیر از آنکه جرم اتمی تعیین کـــرده بود، تغییر یابد. گاه در اثر این جابه‌جایی‌ها، خانه‌هایی هـــم در جدول، خالی می‌ماند که مندلیف آن‌ها را به عنصرهایی نسبت داد که هنوز کشف نشده بودند. به این ترتیب وجود ۱۰ عنصر گم شـــده (شناخته نشده) همراه با خواص‌شان پیش‌بینی شد. گذشته از اینکه جدول مندلیف زودتر از جدول می‌یر منتشر شـــد، همین رویکرد دربارهٔ عنصرهای ناشناخته و خواص آن‌ها، کار مندلیف را بر می‌یر برتری بخشید.

به هر حال مقدم دانستن اصل تشابه خواص بر مقدار جرم اتمی در مورد تعیین محل ســـه جفت عنصـــر Co-Ni، Ar-K و Te-I کاســـتی جدول مندلیف به‌شمار می‌رفت و نشان می‌داد در نظر گرفتن قانون تناوبی به‌عنوان تابعی از جرم اتمی، با نارسایی‌هایی همراه اســـت. بنا به مقدار جرم‌های اتمی، مندلیف باید جای دو عنصر هر جفت را در جدول با هم عوض می‌کرد اما در این صورت هم به تشابه خواص عنصرهای یک گروه خدشه وارد می‌شد:

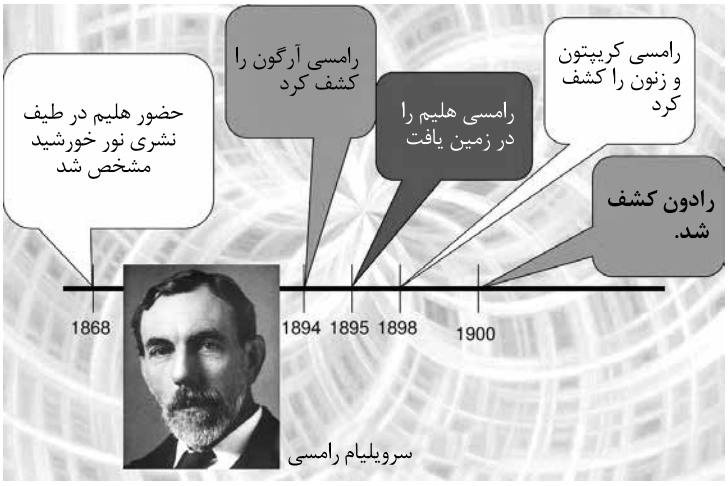




جدول مندلیف در مسیر تغییر

حدود ســـه دهه بعد، لرد رایلی[۱۳] کشف آرگون را گزارش داد و ثابت کرد که از نظر میل ترکیبی، عنصری خنثی است؛ عنصری که مندلیف هیچ جایی برای آن در نظر نگرفته بود! سه سال بعد، در سال ۱۸۹۸ ویلیام رامسی[۱۴] پیشنهاد کرد که بین Cl و K یک خانوادهٔ جدید درنظر گرفته شود و آرگون به‌عنوان هم‌خانوادهٔ هلیم در آن قرار گیرد. در اینجا بود که یکی از جفت‌های ناسازگار جدول مندلیف، یعنی Ar-K ظاهر شد: جرم اتمی پتاسیم از آرگون کمتر بود در حالی که پس از آن در جدول قرار می‌گرفت. این مشکلی بود که باید گذشت زمان و درک ساختار اتم، آن را حل می‌کرد.

با توجه به میل ترکیبی و خنثی بودن عنصرهای این گروه، ظرفیت صفر به آن‌ها نســـبت داده شد و دانشـــمندان این گروه را گروه صفر نامیدند[۱]



▲ شکل ۹ کشف گازهای نجیب

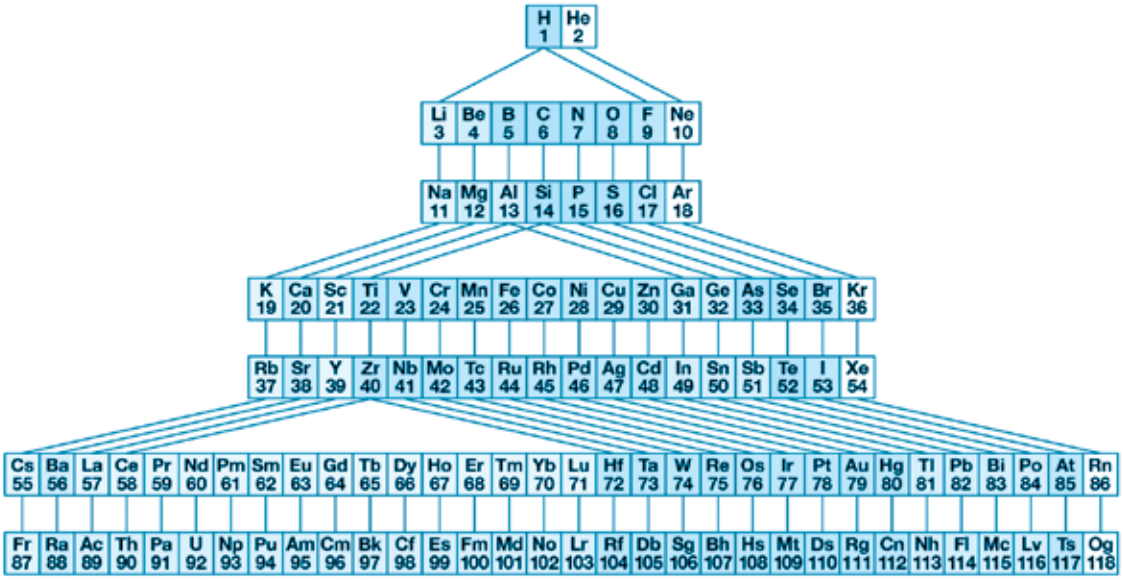
توضیح قانون تناوبی

با اینکه جدول مندلیـــف نیاز طبقه‌بندی عنصرها را به خوبی برآورده می‌کرد اما ذهن دانشـــمندان را با مشکل دیگری درگیر کرده بود: قانون تناوبی از کجا سرچشـــمه می‌گیرد و چرا تا این حد بی‌نقص عمل می‌کند؟

توضیح دلیل تناوبی بودن خواص عنصرها، دانشـــمندان را تا قرن بیســـتم در انتظار گذاشت. در سال ۱۹۱۱ ارنست رادرفورد با آزمایش پراکندگی پرتوی آلفا توسط هسته اتم‌های سنگین، بار هســـته را تعیین کرد و نشان داد که بار هسته با جرم اتمی یک عنصر متناسب است. از ســـوی دیگر، وان دن بروک[۱۵] ایدهٔ ردیف کردن عنصرها براساس عدد اتمی آن‌ها را در جدول مطرح کرد که در ســـال ۱۹۱۳ با کار هنری موزلی مـــورد تأیید قرار گرفت. موزلی طول موج خطوط طیفی پرتوی X را برای برخی عنصرها تعیین کرد و نشـــان داد که به عدد اتمی عنصر بستگی دارد. به این ترتیب درک جزئیات قانون تناوبی به کمک نظریهٔ کوانتوم، طیف‌ها و ســـاختار الکترونی اتم که با بررسی‌های بوهر در ســـال ۱۹۲۲ آغاز شد، رفته رفته توسعه یافت و ایدهٔ استفاده از عدد اتمی به جای جرم اتمی را قوت بخشید.[۱و۲] با استفاده از عـــدد اتمی جای هیچ عدم اطمینانی از درســـت بودن محل عنصرها باقی نماند. کشف ایزوتوپ‌ها نیز نشان داد که ارزش جرم اتمی برای تعیین محل عنصرها در جدول بسیار ناچیز است. اگر بخواهیـــم ایزوتوپ‌های یک عنصر را ـ که دارای جرم‌های اتمی متفاوتند ـ در جدول مندلیف قرار دهیم باید چگونه عمل کنیم؟ این پرسشی است که با به‌کار بردن عدد اتمی جایی برای طرح آن نمی‌ماند زیرا عدد اتمی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان است پس همهٔ آن‌ها خانه‌ای واحد در جدول خواهند داشت.

جدول مندلیف، از زمان ارائهٔ آن تاکنون تغییرات بسیار دیده است. بخشی از این تغییرات مربوط به افزوده شدن عنصرهای جدید به آن بوده است اما بخش دیگر اصلاحاتی است که دانشمندان برای چگونگی نمایش گروه یا ردیف‌ها در آن اعمال کرده‌اند.

برای نمونه، جدول پیشنهادی بایلی[۱۶]، ۷ ردیف به این شرح را در بر می‌گرفت:



▲ شکل ۱۰ جدول بایلی

ـ یک ردیف با دو عنصر
ـ دو ردیف هر یک شامل هشت عنصر
ـ دو ردیف هر یک شامل هجده عنصر
ـ یک ردیف با ۳۲ عنصر
ـ یک دورهٔ کامل نشده، شکل ۱۰.[۱]

اشـــکال وارد بر این جدول، طولانـــی و درنتیجه، جاگیر بودن ردیف ۳۲ عنصری آن بود. در سال ۱۹۰۵ ورنر[۱۷] این ردیف را با تقسیم آن به دو بخش، کوچک‌تر کرد.[۱]

پس از ترتیب عنصرها براســـاس عدد اتمی، آخرین تغییر در جدول تناوبی امروزی از ســـوی گلن سیبورگ[۱۸] انجام گرفت. او در سال ۱۹۴۰ اورانیم را کشف کرد که در نتیجهٔ آن، موفق شد عنصرهای بعدی با عدد اتمی ۹۴ تا ۱۰۲ را نیز کشف کند. [۳] سیبورگ با قرار دادن مجموعه اکتینیدها زیر لانتانیدها جدول تناوبی را بازآرایی کرد و در ســـال ۱۹۵۱ به پاس این اقدام خود، شایسته دریافت جایزهٔ نوبل شناخته شد.

پایان کلام

آنچـــه به جدول تناوبی امروزی، هویت یک شـــاهکار بزرگ را بخشید، ساکنان آن یعنی عنصرها بودند. داستان کشف هریک از عنصرها با گستره‌ای از فعالیت‌ها در سرتاسر تاریخ این علم همراه بوده اســـت از کیمیاگران، فلزکاران و صنعتگران تا همهٔ افرادی که به گونـــه‌ای با اصول و نظریه‌های شـــیمی، مواد، روش‌های استخراج، پالایش و شناســـایی آن‌ها سروکار داشته‌اند. پس در یک نگاه، باید جدول تناوبی را چکیده‌ای از کار همهٔ شیمی‌دانان در طول تاریخ دانست.

در ســـال جاری میلادی، از زمان تولد قانون تناوبی یک قرن و نیم می‌گذرد. با این همه، در نتیجهٔ تداوم فعالیت‌های شیمی‌دانان بود که در سراســـر تاریخ شیمی امکان ظهور این قانون و در پی آن، برپایـــی جدول تناوبی عنصرها و حتی اصلاح و تغییر آن به شکل امروزی را فراهم کرد.

اقدام به طبقه‌بندی عنصرها فرصتی بود که معلومات کســـب شده و متون شیمی باقیمانده از روزگاران کهن چنان نظم یابند تا امکان ســـپردن آن به میراث‌داران این پهنه تضمین شود و به این ترتیب، شیمی به‌عنوان دانشی همیشه زنده جلوه نماید.

پی‌نوشت‌ها

1. Brand, H.
2. Doberiner, J.
3. Law of triads
4. Dumas, J.B.
5. Gmelin, L.
6. Lenssen, E.
7. Von Pe ttenkofer, M.
8. Cooke, J.P.
9. Chan courtios, A.E.B
10. Newlands, J.
11. Law of octaves
12. Meyer, L.
13. Rayleigh, L.
14. Ramsey, W.
15. Von den Broek, A.
16. Bayley, T.
17. Werner, A.
18. Seaborg, G.

منابع

1. Periodic table of elements. www.britannica.com.science
2. History of periodic table. www. newworldencyclopedia.org>entry
3. A brief history of development of periodic table. www.wou.edu. physi>perhist
4. Development of chemical symbols and periodic table. www.vanderk-rogt.net>elements>chemistry-of-chemical-symbols-and-periodic-elemen-tymology