

# مندلیف و شیمیدانان انگلیسی

یوری ایوانویچ سالوویف

پژوهشهای مهم و مورد علاقه خود آگاه می‌شویم و بیش از پیش، نیاز به برقراری رابطه نزدیکتر با همکاران روسی خود را احساس می‌کنیم.»

در سال ۱۸۸۸ انجمن شیمی بریتانیا مندلیف را برای ارائه سخنرانی فادادی به انگلستان دعوت کرد. مندلیف در چهارم ژوئن سال ۱۸۸۹ در سخنرانی فادادی خود در مورد «قانون تناوبی عناصر شیمیایی»، خاطر نشان ساخت:

«افتخار بزرگی که انجمن شیمی بریتانیا با دعوت از من برای ادای احترام به فارادی، که شهرتش جهانگیر شده، و ارائه یک مقاله علمی، نصیبم ساخته است، مرا وامی‌دارد تا قانون تناوبی را به‌مثابه یک تعمیم شیمیایی که به تازگی مورد توجه همگان قرار گرفته است، برگزینم.»

ترجمه دو جلدی انگلیسی ویرایش پنجم کتاب اصول شیمی در سال ۱۸۹۱ منتشر شد. به‌همین مناسبت، مندلیف نوشت، «این ترجمه بسیار خوشحالم کرد... اکنون کتاب من در آکسفورد و کیمبریج تدریس می‌شود.» پس از انتشار کتاب در انگلستان، در نقدی در مجله علم و هنر چنین آمد،

«کتاب دیگری در شیمی نخوانده‌ایم که چنین بیان روشنی را از ساختار درونی ماده به‌دست دهد. می‌خواهیم سپاسگزاری خود را... از دانشمند بزرگی اعلام داریم که، احتمالاً بیش از هر مرد دیگری از نسل خود، مسرزه‌های فلسفه را در این قلمرو از بررسی‌های فیزیکی گسترش داده است.»

در سال ۱۸۹۷ ترجمه جدیدی از ویرایش ششم روسی کتاب اصول شیمی به انگلیسی منتشر شد. مندلیف نوشت، «این ترجمه برایم اهمیت بیشتری دارد زیرا نشان می‌دهد که ویرایش نخست که می‌گویند تنها ۵۰۰۰ نسخه بوده، کاملاً به فروش رفته است.» تامس تورپ، شیمیدان شهیر انگلیسی، نوشت،

«می‌توان گفت که کتاب اصول شیمی مندلیف در نیمه دوم سده نوزدهم همان نقشی را داشته است که کتاب سیستم جدید دالتون در نیمه نخست داشت... مندلیف، به‌برکت قدرت

تاریخ علم در این مورد که تغییر رهبری علمی در یک کشور منجر به تغییر چشمگیر در شیوه تکوین علم می‌شود، شواهد بسیاری دارد. این پدیده عمومیت دارد و می‌تواند ثمره عوامل عمیق اقتصادی، سیاسی یا شخصی باشد که دانشمندان یک کشور آن را تجربه می‌کنند و کشفها و استنتاجهای نظری جدیدی را که در کشور دیگری انجام شده است، کامل می‌کنند.

برای نمایش این قضیه کلی، همکاری علمی میان مندلیف و شیمیدانان انگلیسی را در نظر می‌گیریم، که دیدگاه هماهنگی، درباره پرسش بنیادی ساختار مواد داشتند. مندلیف به روشنی دریافته بود که درک و تبیین قانون تناوب و نظریه محلولها مستلزم همکاری دانشوران کشورهای مختلف است.

## آگاهی از کار مندلیف در انگلستان

حتی در دهه پایانی سده نوزدهم میلادی، در انگلستان علاقه فراوانی به کار مندلیف نشان داده می‌شد. روسکوا و شورلمیر<sup>۱</sup> در سال ۱۸۷۷ یک «کتاب درسی شیمی» منتشر کردند که محتوای اصلی قانون تناوبی در آن آورده شده بود. همچنین، در سال ۱۸۷۷ فصلنامه علم<sup>۲</sup> (شماره ۵۵، ژوئیه) چکیده‌هایی از مقاله مندلیف درباره «قانون تناوبی عناصر شیمیایی» را که در سال ۱۸۷۱ در مجله *Liebigs Annalen* منتشر شده بود، چاپ کرد. همین کار، دانشمندان انگلیسی را با کشف قانون تناوبی و پیشگویی عناصر کشف نشده براساس آن، آشنا کرد.

در سال ۱۸۷۹ مجله انگلیسی اخبار شیمی، مقاله سال ۱۸۷۱ مندلیف درباره قانون تناوبی را انتشار داد. بدین ترتیب، شیمیدانان انگلیسی از کار بنیادی مندلیف در مورد قانون تناوبی آگاه شدند.

آرمسترانگ<sup>۳</sup>، رئیس انجمن شیمی لندن، در سال ۱۸۹۳ به نام «مجلس عالی دانشجویان بریتانیای کبیر» پیام شادباش زیر را برای انجمن شیمی (دس ارسال داشت):

«با وجود دشواری زبان روسی، همکاران انگلیسی در جریان کار انجمن شما هستند و بررسی‌های متناوبی از آن را در مجله‌های خود جای می‌دهند. بنا بر این، همچون گذشته، از

1. Thomas Thorpe

1. Roscoe 2. Schorlemmer 3. *Quarterly Journal of Science*

4. H. E. Armstrong

گسترده ذهنی خود برای ملاحظه تمام فرایندهای شیمیایی، در شمار فیلسوفان شیمی قرار دارد. صحت شگفتی آور پیشگوییهای مندلیف و اطمینانی که در بیان آنها به کار رفته است، دنیای علم را تکان داد و وثیقه اعتبار و شناخت این پیشگوییها و منابع آنها شد، آنچنان که نظیر آن را در مورد دیگری کمتر می توان انتظار داشت. امروزه، این تعمیم در لفاف شیمی مدرن، پیچیده شده و همه جا به عنوان تنها اساس عقلانی برای طبقه بندی به کار می رود.

رئیس انجمن ادبی و فلسفی منچستر در سال ۱۹۰۳ به مندلیف نوشت، «کار شما، زندگی جدیدی به شیمی بخشیده است. هیچ عرصه ای از علوم فیزیکی نیست که با اندیشه های شما توانمند نشده باشد.»

### تأثیر شیمیدانان انگلیسی بر مندلیف

مندلیف قویاً احساس کرده بود که در انگلستان دالتون، نه تنها با تحسین بلکه با مردانی روبرو خواهد شد که ایده های او را گسترش خواهند داد. مندلیف در شخصیت کسانی مانند روسکو، فرانکلند، تورپ، آرمسترانگ، کارنلی<sup>۲</sup> و رمزی<sup>۳</sup> نه تنها تحسین و همدلی، بلکه از نظر روحی آنان را دوستانی نزدیک به خود یافت. کلماتی که مندلیف در سخنرانی فالادی بر زبان آورد، به طور مستقیم به شیمیدانان انگلیسی اشاره داشت. او، ضمن درخواست از این دانشمندان برای جستجوی تئینهای بیشتری برای قانون تناوبی، گفت:

«قانون تناوب به مثا به یک تعمیم جدید که از آزمونهای تجربی سر بلند بیرون آمده و به عنوان یک ابزار تفکر که تاکنون دستخوش هیچ گونه اصلاحی نشده است، نه تنها در انتظار افزودنیهای جدید، بلکه در انتظار توسعه بیشتری است که از مطالعه تفصیلی و انرژی تازه ای برخوردار باشد. تمام اینها، به طور مطمئن، رخ خواهد داد.»

مطالعات مربوط به تعیین اوزان دقیق اتمی عناصر برای توسعه و تأیید اندیشه تناوب اهمیت شایانی داشت، به همین دلیل مندلیف برای کار روسکو بر روی وانادیم و اورانیم ارزش فراوانی قایل بود. در سال ۱۸۷۱ نوشت، «کار عالی روسکو بر روی وانادیم شباهت کمی، و در بسیاری موارد شباهت کیفی، میان این عنصر و فسفر را (مثلاً در اکسی کلریدها) نشان داده است.» شباهت وانادیم به فسفر و کروم، که توسط روسکو مشاهده شده بود، یکی از دلایل مهم برای نمایش تناوب بود. مندلیف، در کارهای خود، اغلب به بررسیهای روسکو در تعیین وزن اتمی صحیح اورانیم اشاره کرده است.

مندلیف، همچنین، ارزش فراوانی برای مطالعات تورپ در مورد تعیین اوزان اتمی تیتان و طلا قایل بود. تورپ در سال ۱۸۸۵ وزن اتمی تیتان را، به طور تجربی، برابر ۴۸٫۱، که توسط مندلیف پیشگویی شده بود، تعیین کرد. مندلیف در سخنرانی فالادی گفت، «مطالعات گسترده پروفیسور تورپ در مورد تیتان، وزن

اتمی  $Ti = 48$  را که از قانون تناوبی پیشگویی شده بود، تأیید کرد.» در سال ۱۸۷۹، کارنلی، شیمی فیزیکدان انگلیسی، نشان داد که دمای ذوب و خواص مغناطیسی عناصر نیز بستگی تناوبی با اوزان اتمی نشان می دهند. مندلیف در ویرایش چهارم کتاب اصول شیمی می نویسد، «کارنلی در منچستر، سازگاری خواص مغناطیسی و دیامغناطیسی اجسام ساده با سیستم مرا نشان داده است. این نکته هیچگاه در سیستم برپاشده مورد توجه قرار نگرفته بود و در آغاز به نظر می رسید به کیفیتهای شیمیایی عناصر سیستم اولیه مربوط نباشد... کارنلی نشان داد که اجسام ساده متعلق به مجموعه زوج... به عدد مغناطیسی مربوط هستند... و اجسام ساده مجموعه فرد دیامغناطیس می باشند.»

مندلیف در ویرایش پنجم کتاب اصول شیمی، به توضیح کار کارنلی می پردازد. کار کارنلی نشان می داد که «دمای ذوب شدن اجسام ساده به طور متناوب تغییر می کند، و این نتایج مطابقت آشکاری با مقادیر بیشینه و کمینه نشان می دهد.» کارنلی در نامه ای به تاریخ ۲۶ اکتبر ۱۸۸۲، مندلیف را از استمرار و گسترش بررسیهای خود درباره قانون تناوبی آگاه ساخت. او نوشت:

«نتایجی به دست آورده ام که به زودی منتشر خواهد شد، این نتایج به صورت مجموعه هایی به دست آمده است که قانون تناوبی را تأیید می کند... عنوان مقاله ام «قانون تناوبی از دیدگاه شیمی آلی» است. به محض اینکه آماده شود، نسخه ای از آن را با کمال افتخار برای شما خواهم فرستاد.»

در سال ۱۸۸۱ یکی از نشستهای انجمن شیمی بریتانیا به گزارشی توسط برنر<sup>۱</sup> به نام «مطالعات مندلیف در شیمی» اختصاص یافت. او به بیان «قانون تناوبی» مندلیف و دفاع فعال از آن به وسیله کارنلی در انگلستان پرداخت که جلوه هایی از این قانون، همراه با جنبه های استنتاجی و القایی آن را آشکار کرده بود. در سال ۱۸۸۴، کارنلی ارتباط برخی خواص فیزیکی ترکیبات معدنی با قانون تناوبی را مورد توجه قرارداد و مقاله جالبی به نام «قانون تناوبی و پراکندگی عناصر در طبیعت» نوشت.

در آرشو انجمن شیمی در لندن، اسنادی از مندلیف وجود دارد که در آنها کار علمی کارنلی را، که کمک شایانی به اثبات قانون تناوبی کرده، مورد تحسین قرار داده است. در سال ۱۸۹۰، مندلیف در نامه ای خطاب به هنری روسکو نوشت:

«گرچه شما از شایستگیهای بزرگ علمی پروفیسور کارنلی آگاه هستید، من، از سوی خودم، لازم می دانم به شما بگویم که از پروفیسور کارنلی در تمام انجمنهایی که به توسعه موفقیت آمیز جنبه های نظری علم شیمی، به ویژه مطالعه عناصر شیمیایی، علاقه مند هستند، با بزرگی و شهرتی سزاوار یاد می شود. کارهای پروفیسور کارنلی، چنان به گسترش قانونمندی تناوبی عناصر کمک کرده است که تاریخ این موضوع، بدون ذکر نام او، همواره ناقص خواهد بود. رابطه میان ترکیب نمکهای معدنی و دماهای ذوب شدن آنها به برکت تعریفهای دقیق و جدیدی به وسیله همین پروفیسور کارنلی

1. Brauner

1. E. Frankland 2. T. Carnelley 3. W. Ramsay

روشن شد. او معنی درونی این قلمرو از تجربه‌گرایی را آشکار کرد.

مندلیف در هشتمین و آخرین ویرایش کتاب اصول شیمی می‌نویسد:

«من، روسکو، دو بوا بودران<sup>۱</sup>، نیلسن<sup>۲</sup>، وینکلر<sup>۳</sup>، برونی، کارنلی، تورپ، و سایر کسانی که کاربرد قانون تناوبی در واقعیت‌های شیمیایی را محقق ساختند، به‌عنوان گواهان حقیقی قانون تناوبی می‌دانم.»

در آغاز دهه ۱۸۹۰، قانون تناوبی عناصر شیمیایی مندلیف، کاملاً در شیمی استوار شده بود. کشف عناصر پیشگویی شده توسط مندلیف، به‌دانشمندان نشان داد که براساس سیستم تناوبی، انجام پیشگویی واقعاً امکان‌پذیر است. علاوه بر این، به گفته ویلیام رمزی، «براساس الگوی معلم ما، مندلیف» پیشگویی خواص مورد انتظار عناصر شیمیایی ناشناخته نیز امکان‌پذیر شد.

پس از مندلیف، رمزی نخستین دانشمندی بود که آگاهانه، سیستم تناوبی را برای پیشگویی عناصر جدید مورد استفاده قرارداد. این اندیشه به روشنی در سخنرانی رمزی با عنوان «یک گاز کشف نشده»، که در اوت ۱۸۹۷ در نشست بخش شیمی انجمن بریتانیا در تورنتو ایراد شد، بیان گردیده است. رمزی سخنرانی خود را با این کلمات آغاز کرد:

«امیدوارم به‌خاطر اینکه از این فرصت برای وارد شدن در عرصه خطرناک و باشکوه آینده‌گویی استفاده می‌کنم مرا ببخشید... موضوع گفتار امروز من یک گاز جدید است. خواص شکفتنی آور آن را بعداً برای شما خواهم گفت، اما عادلانه نخواهد بود اگر شما را در جریان چشمگیرترین خاصیت آن قرار ندهم - این گاز تاکنون کشف نشده است. چون هنوز متولد نشده است، نامی هم بر آن نگذاشته‌ایم.»

بعدها رمزی، در سخنرانی خود به‌خاطر دریافت جایزه نوبل، گفت: «در مورد واقعیت پیشگویی خود تردیدی نداشتیم: نیاز به حضور عنصری با وزن اتمی پایینتر از آرگون، آشکار بود.»

هنگامی که رمزی دست به پیشگویی خواص ممکن یک گاز کشف نشده زد، نمی‌دانست که با چه عنصر «دشواری» سر و کار دارد. چه کسی می‌توانست موجودیت عنصری شیمیایی را که فاقد خواص شیمیایی باشد قبول کند؟ برای درک اساس پیشگوییهای رمزی و رابطه استنتاج‌های او با پیشگوییهای مندلیف، لازم است به بررسی دقیقتر متن مقاله رمزی بپردازیم.

رمزی در گفتار خود تلاش می‌کرد تا «تاریخ گذشته را با واقعیت‌های زمان حال و پیشگویی آینده» ترکیب کند. او مسئله خود را ارائه «نیاز به وجود عناصر کشف نشده» می‌دانست.

روز ۲۴ مه ۱۸۹۴ (پیش از کشف آرگون)، رمزی برای رالی<sup>۴</sup> نوشت:

1. de Boisbaudran 2. Nilson 3. Winkler

۴. لرد رالی (Rayleigh) لقب John William Strutt (۱۸۴۲-۱۹۱۹) فیزیکدان شهر

انگلیسی و کاشف آرگون است.

«آیا به این نکته توجه کرده‌اید که در جدول تناوبی جایی برای عناصر گازی وجود دارد؟ برای مثال

Li	Be	B	C	N	O	F	X	X	X
-	-	-	-	-	-	-	Cl		
-	-	-	-	-	-	-	Mn	Fe	Co Ni
-	-	-	-	-	-	-	Br		
-	-	-	-	-	-	-			Pd Au Rh

این عناصر باید دارای چگالی ۲۰ یا حدود آن باشند.

رمزی معتقد بود که در سیستم تناوبی

«باید جایی برای یک گروه سه‌تایی از عناصر باشد. کشف چنان گروهی ناممکن نیست، زیرا هنگامی که این جدول برای نخستین بار تنظیم شد، پروفور مندلیف درباره حد واسطه‌های شناخته شده، جاهای خالی در جدول سخن گفت، که بعدها، به برکت کشف عناصر گالیم، ژرمانیم، و سایر عناصر پر شدند.»

رمزی، براساس تحلیل موقعیتها در سیستم تناوبی در رابطه با وزن اتمی آرگون (بین کلروپتاسیم) و هلیوم (بین هیدروژن و لیتیم) پیشنهاد کرد:

«میان هلیوم و آرگون نیز باید عنصری کشف نشده باشد، با وزن اتمی ۱۶ واحد بزرگتر از وزن اتمی هلیوم و ۲۰ واحد کوچکتر از وزن اتمی آرگون، یعنی برابر با ۲۰. اگر چنین عنصر ناشناخته‌ای، نظیر آرگون و هلیوم، به صورت اتمی باشد، چگالی آن در مقایسه با هیدروژن، که با وزن اتمی آن برابر است، باید مساوی ۱۰ باشد. با این قیاس، می‌توان انتظار داشت که این عنصر کشف نشده نیز مانند دو عنصر مشابه یعنی هلیوم و آرگون، توانایی ناچیزی برای ترکیب شدن با سایر عناصر داشته باشد. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که یک عنصر ناشناخته از دسته هلیوم شباهت فراوانی به هلیوم و آرگون داشته باشد.»

کشف و مطالعه گازهای نجیب (بی‌اثر)، ارزش فراوانی برای توسعه بررسی تناوب داشت. در دهه ۱۸۹۰، رمزی یکی از دانشورانی بود که به صورتی خلاق، قانون تناوب را گسترش داد. رمزی در آغاز به صورت نظری (۱۸۹۴)، و سپس به صورت قطعی (۱۹۰۰-۱۸۹۸)، به این نکته پی‌برد که گازهای بی‌اثر در گروه هشتم جدول تناوبی، جایی میان هالوژنها و فلزهای قلیایی دارند. رمزی، نه تنها پنج عنصر جدید کشف کرد، بلکه صفحه جدیدی در تاریخ قانون تناوبی گشود. در پرتوکارهای او، دانش شیمی با درک جدیدی از «بی‌اثری شیمیایی» غنی شد. مفهومی که در واقع، یک خصیلت نسبی است نه مطلق.

#### نظریه محلولها

بررسیهای مندلیف درباره نظریه محلولها، نظیر کارهای او در مورد قانون تناوبی، در انگلستان مورد توجه فراوان قرار گرفت. بسیاری از دانشمندان انگلیسی از دیدگاه او درباره ماهیت محلولها پشتیبانی کردند.



نشست انجمن بریتانیایی برای پیشرفت علم در منچستر، ۱۸۸۷: (از چپ به راست، ایستاده) ویسلتسینوس، کوینگکه، شونک، شورلمیر، ژول (نشسته در جلو) منشوتکین، مندلیف و روسکو.

این نظریه کسانی مانند فیتز جرالدا را که می گفت «من نمی توانم بفهمم که انرژی از کجا می آید» از سردرگمی نجات داد؛ زیرا نظریه آرنیوس منشأ انرژی لازم برای تفکیک شدن الکترولیتها به یونها را تبیین نمی کرد.

در آن سالها که اشتیاق فراوانی برای نظریه های فیزیکی محلولهای ایده آل وجود داشت، شیمیدانان بریتانیایی از دیدگاه مندلیف دفاع کردند، و این فکر او را پذیرفتند که مطالعات خاصی که به ترکیب بستگی دارد می تواند ارزش فراوانی در بررسی ماهیت محلولها داشته باشد، یعنی برهم کنش حلال باماده حل شده، مهمترین عامل در درک ماهیت محلولهاست.

بدین ترتیب، اندیشه های دانشمندان روسی، رشد اصلی خود را در محیط علمی مناسب بریتانیا پیدا کرد. مندلیف، در وجود ویلیام رمزی و سایر دانشمندان انگلیسی پژوهشگرانی را می دید که فعالانه اندیشه های او را دریافته اند و قانون تناوب را با کشفهای جدید، غنا می بخشند. مندلیف و دانشمندان انگلیسی، انجمن روشنفکری تشکیل داده بودند که به مسائل بسیار مهم شیمی، که در آن میان نظریه های اتمی - مولکولی در مرکز آن مسائل قرار داشت، می پرداخت.

### ترجمه عیسی یآوری

● D. I. Mendeleev and the English Chemists  
Yu. I. Solov'ev  
*Journal of Chemical Education* . December 1984 .

در سال ۱۸۸۷ مندلیف همراه با منشوتکین<sup>۱</sup> (عکس را ببینید) برای شرکت در پنجاه و هفتمین نشست انجمن بریتانیایی برای پیشرفت علم، ۳۱ اوت تا ۷ سپتامبر، به انگلستان رفت. در بخش شیمی این نشست، اندرسن<sup>۲</sup> مقاله مندلیف را با عنوان «ترکیبات الکل با آب»، که در مجله انجمن شیمی<sup>۳</sup> همان سال چاپ شده بود، قرائت کرد.

پس از بازگشت به سن پترزبورگ (لنینگراد کنونی) در ۱۵ سپتامبر ۱۸۸۷، مندلیف نتایج دیدار خود از انگلستان را در بخش شیمی انجمن فیزیک شیمی روسیه بیان داشت:

«نشست امسال دارای خصلت بین المللی بود، و بهتراست که این نکته در نشستهای آتی نیز تکرار شود، زیرا علم از تماس شخصی میان دانشمندان کشورهای مختلف، غنای فراوان خواهد یافت.»

در پایان سال ۱۸۸۷، مندلیف کتاب جدیدش به نام مطالعه محلولهای آبی با گرانش ویژه را برای دوستان انگلیسی خود، اندرسن، نیکول، و فرانکلند ارسال داشت. آرمسترانگ<sup>۴</sup> در نامه ای به مندلیف نوشت:

«برای حل یک مسئله مهم، اخیراً از نظریه زیبای شما درباره محلولها استفاده کردم، و امیدوارم هرچه زودتر این کار را برای ملاحظه شما ارسال دارم. باور کلی کسانی که در اینجا دیدگاه شما را درک می کنند این است که شما در عمل مسئله ماهیت محلولها را روشن کرده اید، و استفاده از نظریه شما به نتایج مهمی می انجامد.»

در سال ۱۸۸۸، کرومپتن<sup>۴</sup>، شاگرد آرمسترانگ، مقاله ای با عنوان «گسترش نظریه محلولهای مندلیف در مطالعه رسانایی الکتریکی محلولهای آبی» منتشر کرد. کرومپتن در این مقاله نوشت:

«به خاطر رهیافت اصیل و ابتکاری مندلیف به این پرسش اندیشه های ما درباره ترکیب محلولها، ناگهان از چنان درجه ای از دقت برخوردار شده است که در واقع جای بسی شگفتی می بود اگر پاسخی به پرسش نمی داد. اعضای انجمن شیمی می توانند دیدگاه شیمیدان روسی را تبیین کنند زیرا روش او برای ملاحظه مسئله در مقاله «ترکیبات اتیل الکل با آب» در شماره اکتبر مجله *Transactions* (سال ۱۸۸۷) نشان داده شده است.»

آرمسترانگ به دفاع از دیدگاه شیمیایی ماهیت محلولها، در برابر مکتب شیمی فیزیکدانهای آلمانی، پرداخت. او نوشت، «من تأکید می کنم که انکار نقش فعال حلال در الکترولیتها امکان پذیر نیست... باید فرض کنیم که روند برکافت در محلول... به اثرهای متقابل حلال و ماده حل شده بستگی دارد.»

شواهدی که آوردیم نشان می دهد که نمی توان از فراموش شدن نظریه محلولها پس از دهه ۱۸۸۵ سخن به میان آورد. در کشاکش میان نظریه های «یونی» و «آبپوش» نظریه آبپوشی یونها زاده شد.

1. N. M. Menshutkin 2. Anderson  
3. *Journal of the Chemical Society* 4. G. Crompton