

جهان
از چه ساخته شده است

اثر
آیزاک آسیموف
ترجمه
دکتر محمود بهزاد



کتابخانه و نشر



بفرمان

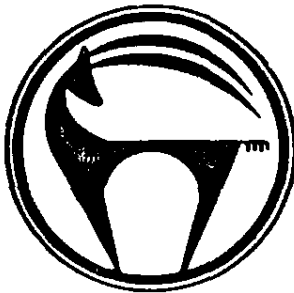
محمد رضا شاه پهلوی آریامهر

اشارات
بنگاه ترجمه و نشر کتاب

۲۵۴

مجموعه معارف عمومی

۵۴



بنگاه ترجمه و نشر کتاب

کتابهای نایب علمی در کانال تلگرام:

@ketabkhanepdf

از این کتاب دوهزار نسخه روی کاغذ اعلا
با همکاری فنی مؤسسه انتشارات فرانکلین و کمک سازمان برنامه
در چاپخانه بیست و پنجم شهریور (شرکت سهامی افست) به طبع رسید.

مجموعه معارف عمومی
شماره ۵۴

جهان از چه ساخته شده است

اثر

آیزاک آسیموف

ترجمه

دکتر محمود بهزاد



نگار ترجمه و نشر کتاب

تهران ، ۱۳۵۰

غرض از انتشار مجموعهٔ معارف عمومی این است که يك رشته کتب ارزنده در فنون مختلف علوم و معارف به معنی وسیع آن که برای تربیت ذهنی افراد و تکمیل اطلاعات آنان سودمند باشد به تدریج ترجمه شود و در دسترس طالبان قرار گیرد.

امید می رود که این مجموعه در مزید آشنایی خوانندگان با جهان دانش و مسائل علمی و فرهنگی دنیای امروز مؤثر واقع شود و فرهنگ دوستان و دانش-پژوهان را به کار آید.

پیشگفتار

یکی از مسائلی که همواره خاطر متفکران جهان را از روزگاران قدیم، به خود مشغول داشته، شناخت ماهیت جهان و آنچه در آن وجود دارد بوده است. آیزاک آسیموف شیمیدان امریکایی، نگارنده کتاب حاضر، که در ساده و دلپذیر بیان کردن بغرنجترین مطالب علمی مهارتی بسزا دارد، تاریخ ۲۶۰۰ ساله پژوهش در باره عناصرها را به بهترین صورت ممکن در چنین مجموعه مختصری گردآورده و چگونگی پرده برداری از رازهای ماهیت مواد جهان را از زمان تالس ملطی تاسیبورگ در کالیفرنیا، از کیمیاگری تاسیکلوترون، از راز تبدیل سرب به طلا تا ساختن عنصرهای مصنوعی، ضمن نمایاندن چهره‌های درخشان علم شیمی چون لاوازیه، مندلیف، مادام کوری، چنان در قالب داستان درآورده که خواننده را در عین حال که با واقعیت علمی آشنا می‌سازد، با خاطری شاد به دنبال مطالب علمی می‌کشاند، به طوری که خواننده پس از پایان کتاب با چهره‌ای گشاده

و راضی از آنچه که کسب کرده است به خواندن هر چه بیشتر مطالب علمی راغبتر می شود .

از میان متجاوز از هشتاد نوشته آیزاک آسیموف تا کنون توفیق ترجمه آثار زیر از این دانشمند و نویسنده توانا به مترجم این کتاب دست داده است:

تن آدمی؛ رمز تکوین؛ زندگی ما به چه موادی وابسته است؟
حیات و انرژی، سرگذشت زیست شناسی؛ فقط یک تریلیون؛ جهان از چه ساخته شده است؛ اسرار مغز آدمی؛ سرچشمه زندگی.

دکتر محمود بهزاد

خرداد ۱۳۵۰

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱: شگفتی یونانیان
۴	عنصرهای یونانیان
۱۱	۲: علم کیمیا و اکسیرها
۱۴	کیمیاگران یونانی
۱۷	اسلام و اکسیرها
۲۳	۳: زوال جادو
۲۵	کیمیاگران اروپایی
۳۳	۴: آغازی نو
۳۸	عنصرهای قدیمی به کنار گذاشته می‌شوند
۴۱	عنصرهای نو
۴۴	۵: عصر فلوژیستون
۳۸	فلزات جدید
۵۵	گازهای نو
۶۰	شیمی‌دان بدشانس
۶۵	۶: پدر شیمی
۶۸	چرا چیزها می‌سوزند
۷۴	زبان نو
۷۸	۷: ذرات نامرئی
۸۴	چند نوع «خاک»
۹۲	۸: کشفیاتی که به کمک الکتروسیته صورت گرفته‌اند
۹۴	دیوی توفیق یافت

صفحه	عنوان
۹۸	دیوی پیروز می شود و شکست می خورد
۱۰۲	برزلیوس به جویندگان عنصر می پیوندد
۱۰۶	۹: علامات اختصاری و اوزان
۱۰۹	تعیین وزن اتمها
۱۱۵	کنگره کارلسروهه
۱۲۰	۱۰: برگه‌هایی که در طیف بود
۱۲۴	آثاری که در رنگ دیده می شوند
۱۲۷	اسپکتروسکوپ را متوجه زمین و هوا کردند
۱۳۱	۱۱: به ترتیب وزن اتمی
۱۳۵	قانون اکماوها
۱۴۰	تناوبها درازتر می شوند
۱۴۴	۱۲: جدول تناوبی
۱۴۷	ظرفیت و جدول
۱۵۵	حفره‌های جدول
۱۵۹	۱۳: عنصرهای مفقوده
۱۶۴	عنصرهای پیشگویی نشده
۱۶۹	ردیف پیشگویی نشده
۱۷۶	۱۴: کوچکتر از اتم
۱۸۱	رادیو اکتیوی
۱۸۶	ایزوتوپها
۱۹۲	۱۵: ترتیب منظم عنصرها
۱۹۸	۹۲ عنصر
۲۰۱	لایه‌های الکترونی
۲۰۶	۱۶: عنصرهایی که بدست آدمی ساخته شده‌اند
۲۰۷	آخرین جاهای خالی پر شدند
۲۱۳	آنسوی ۹۲
۲۱۹	آخرین کلام

شگفتی یونانیان

بیست و شش قرن پیش، به سال ۶۴۰ قبل از میلاد، یکی از مشهورترین مردان تاریخ، به نام **تالس**^۱ در شهر **ملطی**^۲ در ساحل غربی آسیای صغیر، که بخشی از یونان بود، دیده به جهان گشود. **تالس** از آن دسته متفکران بود که دربارهٔ همه چیز می اندیشید و به نتایج درخشان می رسید. ولی درعین حال مردی سیاسی بود و شهر-های گوناگون **ایون**^۳ یونان را برای حفظ خود از تعرض کشورهای غیر یونانی آسیای صغیر به اتحاد ترغیب می کرد. **تالس** مرد دانشمندی بود و به کشفیات مهمی در زمینهٔ ریاضیات و نجوم نایل آمد. در واقع می توان وی را بنیان گذار استدلال ریاضی دانست. **تالس** سیستمی ابداع کرده است که به وسیلهٔ آن از معلومات پیشین ریاضی، حقایق نو نتیجه می گرفتند. روشی که به کار برده می شد **قیاس**^۴ - مشتق از

کلمه یونانی « بیرون آوردن » نام دارد و پایه ریاضیات جدید است. پس **تالس** را می توان نخستین ریاضی دان واقعی به حساب آورد. **تالس** نجوم را از مردم بابل آموخت. اطلاعات بابلیها درباره افلاک چنان بود که توانستند تقویمی از فصول مختلف سال ترتیب دهند، نیز علت کسوف را توجیه کنند.

تاریک شدن ناگهانی زمین بر اثر کسوف برای مردم قدیم حادثه ای وحشتناک بود. اینان می پنداشتند که هیولایی خورشید را می بلعد، پس در موقع کسوف از خانه های خود بیرون می ریختند و چوب برطشتها می کوبیدند و فریادهای وحشیانه می زدند تا هیولا را بترسانند، و از آنجا که خورشید همیشه پس از چند دقیقه دوباره ظاهر می گشت، کوششهای خود را موجب نجات آن می پنداشتند. منجمان بابلی نخستین کسانی بودند که کشف کردند علت کسوف عبور ماه از برابر خورشید است و هنگامی که توانستند از وضع حرکات ماه و خورشید اطلاعات کافی به دست آورند و وقوع کسوف را پیش-گویی کنند مردم را دچار حیرت ساختند.

هنگامی که **تالس** از بابل به کشور خود بازگشت، نجوم نوی برای یونانیان به ارمغان آورد. وی در سال ۵۸۶ قبل از میلاد پیش بینی کرد که سال بعد کسوف کاملی در **ایون** به وقوع خواهد پیوست. تصادفاً کسوف هنگامی واقع شد که ارتشهای ماد و لیدی آماده کار و زار بودند. با وقوع کسوف و تاریک شدن روز چنان وحشتی به دو طرف

متخاصم دست داد که فوراً پیمان صلح به امضا رساندند.

تالس در سرتاسر یونان به عنوان مردی حکیم شناخته شد و نویسندگان یونانی نام **تالس ملطی** را در سر لوحهٔ اسامی «حکمای هفتگانه» جای دادند.

تالس نخستین «فیلسوف» (به معنی دوستدار خرد) یونانی بود. کسانی بودند که به تمایلات فلسفی **تالس** به دیدهٔ تمسخر نگاه می‌کردند و به او می‌گفتند که «اگر عاقل هستید پس چرا ثروتمند نیستید؟» **تالس** برای آنکه این گونه مدعیان را خاموش سازد به کسب زیرکانه‌ای دست زد، و آن این بود که وقتی پس از مطالعه در زمینهٔ هواشناسی به این نتیجه رسید که در سال آینده زیتون محصول خوبی خواهد داد اقدام به خریداری همهٔ دستگاههای مخصوص روغن‌کشی زیتون کرد، سپس برای روغن‌کشی نرخ گرانی تعیین کرد و همین امر باعث شد که ثروتمند شود، سپس کسب را ترك کرد. وی عقل را بیش از پول دوست می‌داشت.

تالس از «استادان حواس‌پرت» نیز بود. شبی در حالی که قدم زنان به مطالعهٔ ستارگان مشغول بود به چاله‌ای افتاد. مستخدمه‌ای که او را از چاله بیرون کشید خنده‌کنان گفت «این مردی است که می‌خواهد به مطالعه جهان پردازد و حال آنکه نمی‌تواند جلو پایش را ببیند.»

محقق است که **تالس** می‌خواست به مطالعهٔ جهان پردازد، و

مهمترین کاری که در این زمینه انجام داده بود کوشش در یافتن پاسخ این سؤال ساده و در عین حال عمیق بود که «جهان از چه ساخته شده است؟» هزارها سال مردم به دنبال پیدا کردن پاسخ پرسش **تالس** رفتند. داستان یافتن این پرسش یکی از جالبترین داستانهای تاریخ علم و داستانی است که کتاب حاضر به شرح آن اختصاص دارد.

عنصرهای یونانیان

تالس همواره در پی آن بود که بداند خورشید و ماه و ستارگان و زمین و صخره‌ها و دریا و هوا و موجودات زنده از چه ساخته شده‌اند. طبیعی‌ترین فکری که به ذهن راه می‌یابد (و دانشمندان امروزی هم چنین می‌پندارند) این است که اگر بتوانیم هر یک از آنها را به اجزای سازنده‌اش تجزیه کنیم، سرانجام به ماده ساده‌ای می‌رسیم که در حکم آجر ساختمانی مقدماتی سازنده آن چیز است.

کلمه عنصر^۱ مشتق از کلمه Elementum لاتینی است. کسی از منشأ این کلمه لاتینی آگاهی ندارد. شاید منشأ آن این باشد که رومیها برای نشان دادن ساده بودن چیزی می‌گفته‌اند «به سادگی L - M - N»، چنانکه امروزه گفته می‌شود «به سادگی A-B-C»، به هر حال Elementum یعنی ساده‌ترین جزء سازنده چیزهای پیچیده.

تالس پس از تعمق فراوان به این نتیجه رسید که همه جهان از

آب ساخته شده است. نخستین دلیلش این بود که مقدار زیادی آب در سطح زمین هست: «همهٔ اقیانوسها»؛ دومین دلیل وی این بود که وقتی آب تبخیر می‌شود به‌هوا تبدیل می‌گردد و هوا نیز به آب تبدیل می‌شود و به‌صورت باران در می‌آید. نیز بارانی که به‌زمین نازل می‌شود سرانجام سخت می‌گردد و به خاک و سنگ تبدیل می‌شود.

یونانیان دیگر نظریات جالب **تالس** را پذیرفتند و به نتایج متفاوتی رسیدند. **انکسیمندروس**^۱ شاگرد **تالس** به این فکر افتاد که آب نمی‌تواند آجر ساختمانی جهان باشد زیرا خواص آب بسیار اختصاصی هستند. بر کسی پوشیده نیست که مواد موجود در جهان بسیار متنوعند و خواصی متناقض دارند، چنانکه بعضی مرطوب و برخی خشکند، بعضی دیگر سرد و برخی گرمند. هیچ ماده‌ای نیست که این خواص متناقض را باهم داشته باشد. بنابراین عنصر اصلی جهان باید چیز مرموزی باشد که انسان با آن آشنایی ندارد.

بدیهی است که **انکسیمندروس** نتوانسته این ماده را توصیف کند ولی آن را آپرون^۲ نامیده است. به نظر وی جهان از مقادیر نامحدودی «آپرون» ساخته شده است و اگر روزی جهان از هم بپاشد بار دیگر به‌صورت «آپرون» درخواهد آمد.

بیشتر فلاسفه یونان این نظر را پذیرفتند زیرا تصور اینکه جهان از چیزی تحلیلی ساخته شده است پاسخ مسئله نبود.

انکسیما نوس^۱ فیلسوف جوانتر اهل ملطی، هوارا به جای آب عنصر سازنده جهان معرفی کرد. به نظر وی چون هوا همه چیز را در میان گرفته، پس زمین و اقیانوسها از انجماد و تراکم هوا ساخته شده اند.

هرقلیطوس^۲ فیلسوف اهل افسوس^۳ (شهری در نزدیکی ملطی) نظر دیگری اظهار کرده است. وی معتقد بود که عنصر اصلی آتش است. به نظر وی مهمترین سیمای جهان تغییر است. چنانکه روز به دنبال شب و شب به دنبال روز می آید و پس از هر فصلی، فصلی دیگر فرا می رسد. سطح زمین تحت تأثیر آب رودخانهها و زمین لرزهها در حال تخریب دائم است، درختان و ساختمانها برپا می شوند، فرو می ریزند و از هم می پاشند. حتی آدمی نیز عمر کوتاه دارد؛ چنانکه به دنیا می آید، رشد می کند و می میرد. همه این قابلیت تغییرها به بهترین صورتی در آتش خلاصه می شود. به نظر **هرقلیطوس** این «ماده» که تغییر شکل می دهد، شعله ور می شود و خاموش می گردد، عنصر اصلی جهان است. نتیجه ای که **هرقلیطوس** گرفته این بوده که جهان باید از آتش و به صورت های گوناگون ساخته شده باشد.

اگر کسی نظری اظهار نمی کرد که سروصدای مدافعان نظریات پیشین را خاموش کند، روش مباحثه معمول، یعنی ماده ای را به جای ماده دیگر عنصر اصلی سازنده جهان معرفی کردن، تا مدت ها ادامه می-

یافت. نظریهٔ جدید محصول مکتب فیثاغورس مشهور بود.

فیثاغورس^۱ فیلسوف یونانی که در حدود ۵۴۰ سال پیش از میلاد به شهر کروتون^۲ در جنوب ایتالیا مهاجرت کرده بود، مکتبی فلسفی بر پایهٔ اصالت عدد تأسیس کرده بود که به امور باطنی توجه داشت. مکتب فیثاغورس به کشفیات مهمی دربارهٔ اعداد اصم و ماهیت صورت و ساختمان جهان نایل آمده است. فیثاغورس نخستین کسی بود که بر کرویت زمین حکم کرده است و اگرچه قضیهٔ معروف مثلث قائم-الزاویه بدو منسوب و به نام وی معروف است، احتمال دارد که او نخستین کسی نباشد که بدان پی برده است.

ولی فیثاغورس قهرمان داستان ما نیست. قهرمان ما یکی از پیروان مکتب وی است که انبازقلس^۳ نام دارد. انبازقلس در این اندیشه بود که جهان از چه ساخته شده است. فکری به ذهنش راه یافت که جمع بین نظرهای يك عنصری پیشین بود. وی از خود سؤال می-کرد که چرا باید اصرار داشته باشیم که جهان فقط از يك عنصر ساخته شده است؟ آیا نمی شود تعداد عنصرها زیاد باشد؟ این نظر بیشتر مورد توجه قرار گرفت، زیرا خصوصیات مواد گوناگون بدان وسیله قابل توجیه بودند. انبازقلس در حالی که به این خصوصیات متفاوت می-اندیشید به این نتیجه رسید که تعداد عنصرها باید چهار باشد: خاک، آب، هوا و آتش که به ترتیب معرف جامد بودن و مایع بودن و بخار

بودن و قابلیت تغییرند. به نظر وی بیشتر چیزها ترکیبی از این چهار عنصر بوده‌اند.

استدلال **انباذقلس** به‌قرار زیر بود. اگر تکه‌ای چوب را در نظر بگیرید، چون در حالت طبیعی جامد است پس بیشترش از خاک است: ولی وقتی که حرارتش می‌دهند، می‌سوزد، پس عنصر آتش را نیز دارد. درموقع سوختن بخار از آن بر می‌خیزد که صورتی از هوا است. بخشی از بخار به قطرات آب تبدیل می‌شود پس چوب آب هم دارد. حاصل آنکه چوب از چهار عنصر: خاک و آتش و هوا و آب ساخته شده است.

نظریه وجود چهار عنصر بزودی مورد قبول واقع شد و فیلسوفان یونانی بدان روی آوردند. این نظریه بعدها به وسیله **ارسطو** (۳۸۴ تا ۳۲۲ پیش از میلاد) بزرگترین فیلسوف یونان قدیم، بسط داده شد. **ارسطو** جامع همه معلومات زمان خود بود و درباره هر رشته‌ای از علوم عصر خود نظری بدیع اظهار داشته بود. و درباره نظریه چهار عنصری **انباذقلس** تئوریتی ساخته است که ماهیت همه مواد موجود در عالم را شامل بود.

ارسطو عقیده داشت که هر عنصری در میان اشیای جهان مکان مخصوصی دارد. به نظروى جای خاک در مرکز جهان ماست و در اطراف هسته خاک جای آب اقیانوسهاست. لایه‌ای از هوا اقیانوسها و زمین را در میان می‌گیرد و در ماورای هوا، در ارتفاعات زیاد، قلمرو آتش است

(که غالباً به صورت برق تجلی می کند). هر عنصری همواره به سطح مخصوص خود روان می شود. مثلاً اگر سنگی در هوا باشد به زمین، که سطح طبیعی آن است، می افتد و آتش همواره به سوی ارتفاعات زبانه می کشد و بر این قیاس.

ارسطو ستارگان آسمان را چیزهای کاملاً متفاوتی می پنداشت و آنها را به خلاف مواد تغییر پذیر زمین، ثابت و جاویدان تصور می کرد. وی گمان می کرد که چون اجرام سماوی به صورت کرات ثابت در حرکتند، نه صعود می کنند و نه می افتند، پس باید از عنصری کاملاً متفاوت با عنصرهای موجود در زمین ساخته شده باشند. بدین طریق **ارسطو** عنصر پنجمی وضع کرد که به نظر وی همه جهان خارج زمین را شامل بود. ارسطو عنصر پنجم را **اثير** نامید. فلاسفه بعدی آن را **عنصر پنجم** Quintessence مشتق از کلمه لاتینی Fifth substance نامیدند. از آنجا که عنصر پنجم را (به خلاف عناصر ناقص و تغییر پذیر زمین) کامل می پنداشتند، اکنون لغت Quintessence در زبان انگلیسی به معنی خالص ترین هر چیزی است.

ارسطو عقیده دیگری نیز اظهار داشته که هزارها سال نظر-های انسان در باره ماده را تحت تأثیر قرار داده است. وی معتقد بوده که سرما و گرما، رطوبت و خشکی، اگرچه از خواص اساسی عنصرها به نظر می رسند ولی تغییر پذیرند: چنانکه چیز سرد را می توان گرم

کرد و چیز مرطوب را خشك. بنابراین با تغییر دادن خواص عنصری می‌توان آن‌را به‌عنصر دیگر تبدیل کرد. این نظریه چنانکه خواهیم دید، نور ضعیفی بود که آدمی را به‌سوی علم شیمی هدایت کرد اما در آغاز، موجب انحراف اذهان شد و نتایج مضحك به‌بار آورد.

علم کیمیا و اکسیرها

چندی پس از ارسطو ، فرهنگ یونانی همراه فتوحات اسکندر کبیر به سرعت در سراسر آسیا و افریقا انتشار یافت. اسکندر کبیر زبان و دانش یونانی را در ایران و بابل و مصر اشاعه داد و با ره آورد علمی فراوان از بابل و مصر بازگشت.

اسکندر کبیر در سرزمینهایی که تسخیر می کرد، شهرهای نو بنا می ساخت. بزرگترین و مهمترین این شهرها اسکندریه بود. بنای شهر اسکندریه در مصب غربی ترین شاخه رود نیل در سال ۳۳۲ پیش از میلاد آغاز گردیده است.

اعقاب بطلموس که یکی از سرداران اسکندر کبیر بود، اسکندریه را پایتخت دولت جدید خود قرار دادند. اسکندریه کانون فرهنگهای متنوع قدیمی بود؛ یک سوم جمعیت آن یونانی، یک سوم دیگر کلمی و یک سوم باقیمانده مصری بودند.

بطلیموس اول موزه‌ای در اسکندریه ترتیب داد. وی در آنجا حوزه علمی بزرگی تأسیس کرد و به جمع‌آوری و تشویق فلاسفه و اهل کمال اهتمام کرد و وسایل تحقیقات علمی و ایمنی فراهم ساخت و دارالعلمی به وجود آورد که امروزه بدان دانشگاه اطلاق می‌شود. پسرش **بطلیموس دوم** کار پدر را دنبال کرد و به جمع‌آوری کتاب کوشید و این کار را تا بدانجا ادامه داد که کتابخانه اسکندریه بزرگ‌ترین کتابخانه جهان در آن عصر شد. در نتیجه مراجع اهل علم به موزه اسکندریه به منظور استفاده از کتابها و سایر تسهیلاتی که در آنجا موجود بود، آتن اهمیت خود را از دست داد و اسکندریه به اوج شهرت رسید. شهر اسکندریه به مدت ۷۰۰ سال همچنان مرکز علمی جهان بود.

دانشمندان اسکندریه نظریات فلاسفه یون و عقاید **ارسطو** را دنبال می‌کردند ولی تحت تأثیر افکار مصریان، نظرشان در باره ساختمان جهان و ماهیت عنصرها به سوی جدیدی سوق داده شد. بیشتر متفکران یونانی فقط در باره آنچه در جهان اطرافشان می‌گذشت می‌اندیشیدند و استدلال می‌کردند، بدون آنکه درباره نظریات خود به‌مشاهده یا آزمایش دست بزنند. فلاسفه یونان چنانکه افلاطون بیان داشته، معتقد بوده‌اند که معقولات مهمتر از محسوساتند و تنها از طریق معقولات است که می‌توان به ادراک حقیقت اشیا توفیق یافت نه به وسیله بررسی محسوسات. از سوی دیگر مصریها اصولاً اهل عمل بودند

چنانکه بسیاری از سنگها را مورد آزمایش قرار دادند - مثلاً با ذغال چوب آنها را گداختند تا از آنها فلز استخراج کنند؛ نیز از ماسه شیشه و از گل رس آجر ساختند. مواد رنگی و مواد دارویی و مواد گوناگون دیگر نیز فراهم آوردند.

یونانیها به صنعت آزمایش مواد که منجر به تغییر ماهیت آنها می شود نام Chemia گذاشته اند. شاید این کلمه را از Chem که نام مصری سرزمین مصر است گرفته باشند. Chem به زبان مصری به معنی سیاه است و بعضیها گمان می کنند که Chemia به معنی «جادوی سیاه» وضع شده است. ولی تا آنجا که به خود مصریها مربوط است نام «سیاه» که به سرزمین مصر داده شده هیچ رابطه ای با راز و جادو ندارد بلکه صرفاً به سبب وجود خاک سیاه حاصلخیز نیل است که با ماسه های زرد بیابان اطراف آن تفاوت نمایان نشان می دهد.

پس از آنکه اعراب مصر را تسخیر کردند به کلمه Chemia پیشوند «ال» که معادل The انگلیسی است، افزودند و کلمه فوق به صورت Al chemia درآمد و سرانجام در زبان انگلیسی Alchemy (یعنی علم کیمیا) نامیده شد.

نخستین صنعتگرانی که با فلزات و مواد رنگی و دیگر مواد کار می کردند، به منظور آنکه محصولات خود را شخصاً در انحصار داشته باشند و به قیمت گزاف بفروشند (کاری که امروزه هم رایج است) روش تهیه آنها را مخفی نگاه می داشتند و همین امر کیمیاگری را مرموزتر

جلوه گر می ساخت. بیشتر نوشته‌های کیمیاگری نیز به همین سبب نامفهوم و سر در گم بودند. واقع امر این است که علم کیمیا در آغاز تقریباً صورت يك دین داشت و مصریها خدای Thoth را خدای علم کیمیا می پنداشتند. یونانیها این افتخار را به خدای Hermes که در واقع همان خدای Thoth مصریها بود داده بودند، و از این رو علم کیمیا را «صنعت هرمتیک»^۱ نامیدند. در حال حاضر این لغت در زبان انگلیسی متداول است. چنانکه وقتی چیزی را در ظرفی چنان محفوظ بدارند که راهی به هوا نداشته باشد (این روشی بود که مصریان قدیم در کیمیاگری به کار می بردند) گفته می شود که به صورت «هرمتیک» محفوظ شده است.

کیمیاگران یونانی

نخستین یونانی که در کیمیاگری چیز نگاشته بولوس ذیمقراطیس^۲ بوده که در قرن دوم به کار فلزات پرداخته است. وی همواره می کوشیده که معلومات عملی مصریان را با تئوریهای ارسطو بیامیزد. بولوس ذیمقراطیس می دانست که به وسایلی می توان رنگ بعضی از فلزات را تغییر داد. مثلاً در نتیجه مخلوط کردن مس (که فلز قرمزی است) با روی (که فلزی خاکستری است) آلیاژ زرد رنگی (برنج) به دست می آید. رنگ این آلیاژ شبیه رنگ طلا بود.

بولوس ذیمقراطیس معتقد بود که تولید فلزی بارنگ طلا قدمی است در راه تهیه این فلز گران‌قیمت. وی در این اندیشه بود که چون، بنا بر نظریه ارسطو هم سرب و هم طلا از چهار عنصر جهانی (خاک، آب، هوا و آتش) ساخته شده‌اند، آیا نمی‌توان با تغییر دادن نسبت این چهار عنصر سرب را به طلا تبدیل کرد؟ به‌منظور توفیق در این عمل به همه‌گونه آزمایش دست زد.

آزمایشهای بولوس ذیمقراطیس، آغاز کوششی طولانی بوده که بیش از هزار سال به‌منظور استحاله^۱ مواد ادامه یافته است. فکر تبدیل سرب به طلا به وسیله گروه کثیری با چنان حرارتی دنبال شد که در حدود ۳۰۰ سال بعد از میلاد کیمیاگری به نام زوسیموس^۲ دائرةالمعارفی درباره علم کیمیا در ۲۸ جلد به رشته تحریر در آورده است.

در حال حاضر تقریباً همه تئوریهای کیمیاگری بی‌معنی از آب درآمده‌اند ولی در عصر دیوکلسیان^۳ امپراطور روم آن چنان جدی تصور می‌شد که وی به‌امحای همه کتب کیمیاگری فرمان داد تا مردم نتوانند طلا بسازند و ارزش پول رایج از بین نرود و به اقتصاد امپراتوری خدشه وارد نیاید. یکی از علل قلت اطلاعاتی که از کیمیاگری یونان در دست است، همین‌امحای کتب کیمیاگری به فرمان دیوکلسیان بوده است. شاید اگر کتابهای بیشتری باقی می‌ماندند چیز با ارجی در

آنها پیدا می‌شد. مثلاً **زوسیموس** از آزمایشهایی سخن می‌راند که در آن ماده‌ی مر کبی که امروزه «استات سرب» نامیده می‌شود به کار برده است.

در قرن پنجم اسکندریه مر کزیت علمی خود را از دست داد و پس از آنکه **کنستانتین**^۱ امپراتور روم، دین مسیح را دین رسمی امپراتوری روم ساخت، اسکندریه به‌عنوان مر کز آموزش افکار ضاله مورد حمله قرار گرفت و بیشتر کتب کتابخانه بزرگ آن به‌دست اوباش مسیحی از میان برده شدند و بسیاری از دانشمندان مجبور به فرار گشتند. از آن پس قسطنطنیه، شهری که کنستانتین آن را پایتخت خود قرار داده بود، جای اسکندریه را گرفت و دارالعلم یونان شد.

قریب هزار سال دانشمندان مسیحی همه اوقات خود را صرف علوم الهی و فلسفه اخلاقی کردند و کمتر به فلسفه طبیعی پرداختند، تنها کیمیاگر معروف این مدت در قسطنطنیه **کالینیکوس**^۲ بود. وی مخترع «آتش یونانی»^۳ است که فرمول درست آن در دست نیست. شاید مخلوطی از قیر و آهک زنده بوده است. وقتی که آب به آهک زنده برسد بسیار گرم می‌شود و گرمای آن به درجه‌ای می‌رسد که می‌تواند قیر را آتش بزند. پس آتش یونانی در آب به شدت می‌سوخت و ارتش قسطنطنیه برای دفع ناوگان مهاجم از آن استفاده می‌کرده است.

اسلام و اکسیرها

یک قرن پس از آنکه قسطنطنیه پایتخت شد، امپراتوری روم مورد تجاوز قبایل وحشی شمالی قرار گرفت. به‌طوری که در سال ۵۰۰ بعد از میلاد تیم غربی امپراتوری کاملاً تحت تصرف مهاجمان درآمد و در قرن هفتم قسمت اعظم نیم‌شرقی، از آن جمله سوریه و مصر به تصرف مسلمانان درآمد. ارتش اعراب، سوریه و ایران را به تصرف درآوردند سپس راه شمال آفریقا را در پیش گرفتند و اسکندریه را در سال ۶۴۰ اشغال کردند.

اما فرهنگ و سنت‌های یونانی، اعراب را تحت تأثیر قرار داد. مسلمانان که بیش از مسیحیان به دانش جاهلیت روی خوش نشان می‌دادند، فلسفه طبیعی یونانیان را در مراکزی علمی چون بغداد و قاهره و کوردووا^۱ حفظ کردند.

بغداد که پایتخت بزرگترین امپراتوری اسلام بود، در قرن‌های هشتم و نهم به اوج قدرت و افتخار رسید، و اکنون پایتخت کشور عراق است. قاهره که در قرن دهم به وسیله مسلمانان بنا شده است در قرن سیزدهم به صورت یکی از مراکز مهم درآمد و در حال حاضر پایتخت مصر و بزرگترین شهر آفریقا است. کوردووا که در قرن هشتم عنوان پایتخت حکومت مسلمانان در اسپانیا را داشت، پس از غلبه مسیحیان اسپانیایی در قرن سیزدهم از اهمیت افتاد ولی در حال حاضر از شهر-

های مهم جنوب اسپانیا به‌شمار می‌رود.
 نخستین کیمیاگر عرب که مدار کی از آن در دست هست.
خالد بن یزید است که از سال ۶۶۰ تا ۷۰۴ میلادی می‌زیسته است. وی
 پسر یکی از خلفای عرب بود و می‌توانست با دسایس درباری جانشین
 خلیفه شود. خوشبختانه **خالد بن یزید** به کیمیاگری بیش از سیاست
 علاقه‌مند بود، پس انزوا اختیار کرد و اوقات خود را به مطالعه مصروف
 داشت. گمان می‌رود که وی علم کیمیا را از يك يوناني اهل اسکندریه
 آموخته باشد. وی کتابهای بسیاری در این زمینه نگاشته است.

مهمترین کیمیاگر عرب **جابر بن حیان** بود وی در قرن هشتم و
 هنگامی می‌زیست که بغداد به اوج افتخار خود رسیده بود. **جابر**
 کیمیاگر رسمی دربار هارون الرشید و دوست صمیمی جعفر برمکی
 وزیر خلیفه بود. نام **جابر بن حیان** و جعفر برمکی در بسیاری از
 افسانه‌های هزار و یکشب آمده است. پس از آنکه وزیر مورد غضب
 خلیفه واقع و اعدام شد، **جابر بن حیان** بهتر آن دید که دربار را ترک
 گوید، پس به کوفه بازگشت. کوفه - شهری که در حدود ۱۵۰ کیلومتر
 با بغداد فاصله دارد - زادگاه **جابر** بود.

کتب و مقالات بسیاری در دست است که به **جابر** منسوب است.
 بعضی از این کتب و مقالات نگاشته کیمیاگران دیگر است و **جابر**
 نام خود را بر آنها نهاده است تا توجه بیشتری بدانها جلب شود. در
 قدیم این رسم بسیار معمول بوده است.

جابر کیمیاگری بسیار دقیق بود. وی فرمول تهیه بسیاری از مواد را به‌رشته تحریر در آورده است. از این گذشته نظر **ارسطو**، مبنی بر این که همه مواد از چهار عنصر ساخته شده‌اند، او را راضی نمی‌کرده و نظریات دیگری اظهار داشته است. (احتمال دارد که این نظرها به‌وسیله کیمیاگران پیشین یونانی اظهار شده باشد).

جابر به این نکته توجه یافته بود که فلزات و غیر فلزات بر روی هم خصوصیات متفاوت دارند. وی از خود سؤال می‌کرد که «آیا امکان دارد هر دوی آنها از یک عنصر جامد، یعنی خاک، ساخته شده باشند؟» سرانجام چنین نتیجه گرفت که «مایه مخصوصی» باید در فلزات باشد که وقتی به نسبت‌های گوناگون به خاک افزوده می‌شود فلزات متنوع به وجود می‌آورد. به نظر **جابر** این مایه بیش از همه در جیوه موجود است زیرا این فلز مایع است، پس باید مقدار کمی خاک جامد در بر داشته باشد.

جابر به نکته دیگری نیز توجه یافت و آن این بود که بعضی از غیر فلزات می‌سوزند و حال آنکه فلزات نمی‌سوزند. نیز به این نتیجه رسید که «مایه مخصوصی» باید وجود داشته باشد که وقتی به ماده‌ای افزوده می‌شود بدان قابلیت سوختن می‌دهد. به نظر وی گوگرد از این مایه به مقدار زیاد دارد زیرا به سهولت می‌سوزد. **جابر** «گوگرد» را مایه مخصوص خاصیت سوختن دانست.

به نظر **جابر** همه مواد جامد ترکیبی بودند از «جیوه» و

«گوگرد» (به عبارت دیگر از مایه مخصوصی که در هر يك از این دو بود). بنابراین اگر کسی بتواند نسبت این دو را در سرب تغییر دهد می‌تواند آن را به طلا تبدیل کند.

در قرن نهم، بغداد کیمیاگر بزرگ دیگری به خود دید که **رازی** نام داشت (اروپاییان نام وی را بعداً Al - Razi از به Razes تغییر دادند). رازی ایرانی بود و نامش منسوب به زادگاهش ری (شهری در نزدیکی تهران)، یعنی اهل ری است.

رازی در ۳۰ سالگی به بغداد آمد. از قرار معلوم داستانهایی از داروگری درباره علم طب و بیماریها شنید و شیفته این علم شد و تصمیم به تحصیل پزشکی گرفت و سرانجام رئیس بزرگترین بیمارستان بغداد شد.

رازی آزمایشهایی را که انجام داده با چنان دقتی بیان داشته که دانشمندان امروزی به سهولت می‌توانند آنها را تکرار کنند. مثلاً در باره گچ مخصوص شکسته بندی و طریق به کار بردن آن برای بی‌حرکت ساختن استخوانهای شکسته توضیح کافی داده است. نیز ماده‌ای را که امروزه به «انتیموان» معروف است، مورد مطالعه قرار داده است.

پزشک ایرانی دیگری، که می‌توان او را بزرگترین شخصیت پزشکی قرون وسطی به حساب آورد، **ابن سینا** بود. هنگامی که کتابهایش به زبان لاتینی ترجمه شدند به غلط میان دانشمندان اروپایی

اویسنا^۱ معروف شد. زادگاه وی بخارا، شهری است که در شمال غربی ایران واقع و اکنون جزء روسیه است
 وی بیش از یکصد جلد کتاب به رشته تحریر در آورده (که بعضی از آنها بسیار مفصل بوده اند) و صدها دارو و موارد استعمال آنها را نام برده است. طبیعی است که وی کیمیاگر بوده زیرا بسیاری از داروها را به روش کیمیاگری تهیه می کرده است ولی کیمیاگری غیر عادی بوده زیرا استحاله فلزات به یکدیگر را غیر ممکن می دانسته است.

از این نظر او بسیار برتر از دانشمندان هم عصر خود بود. زیرا کیمیاگران با اشتیاق فراوان در پی استحاله فلزات بودند و به جستجوی راز تحصیل ثروت فراوان، به دنبال ماده ای مرموز و گردی جادویی می گشتند که بتواند در «جیوه» و «گوگرد» تغییر دهد و طلا به وجود آورد. اعراب این ماده جادویی را «ال اکسیر» نامیدند. این کلمه مشتق از يك کلمه یونانی به نام «خشك» است (شاید این اشتقاق نشان دهد که یونانیان در آغاز به جستجوی آن بوده اند). این کلمه امروزه به اکسیر^۱ معروف است.

طبیعی است که کیمیاگران برای «اکسیر»، غیر از تبدیل فلزات ارزان به طلا، خصوصیات عجیب دیگری نیز قائل بودند. مثلاً اکسیر را معالج بیماریها می پنداشتند و گمان می کردند که عمر آدمی را نیز

جاویدان می‌سازد. امروزه نیز گاهی سخن‌ازدروهای پی چون «اکسیر» خیالی به نام «آب حیات» به میان می‌آید که می‌پندارند به انسان عمر جاودانی می‌دهد.

در قرن‌های بعد، اکسیر را به صورت ماده جامد سختی به تصور آوردند و نام آن را «سنگ فیلسوف» نامیدند.

پس از ابن سینا، همه کتابهایی که به زبان عربی در کیمیاگری نوشته شده بود به مجموعه‌ای از مطالب پوچ و خرافی تبدیل شدند. با تجزیه امپراتوری اسلام نیرو و فرهنگ اسلامی نیز انحطاط آغاز کرد، ولی خوشبختانه اروپا دوران کودکی علمی خود را پشت سر گذاشت و مشعل‌دار علم در جهان شد.

زوال جادو

در دوره‌ای که اروپا عقب‌مانده‌ترین ایام خود را می‌گذرانید، یعنی میان سالهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ بعد از میلاد (دوره‌ای که گاهی عصر ظلمت^۱ نامیده می‌شود) مردم اروپای غربی مسلمانان را مردمی شیطان-صفت و دین اسلام را دینی بی‌پایه می‌پنداشتند.

در سال ۱۰۹۶ اروپای غربی جنگهای صلیبی را، به منظور رهایی فلسطین^۲ از دست مسلمانان، که مدت ۴۵۰ سال زیر سلطه آنان بود، آغاز کردند. سر بازان جنگ صلیبی اورشلیم را به تصرف در آوردند و مدت ۸۰ سال هم در آن حکومت کردند ولی پس از دو قرن جنگ مداوم، سرانجام مسیحیت از خاورمیانه به کلی رانده شد و بیشتر ساکنان این ناحیه به دین اسلام درآمدند، جز کشور جدیدالتأسیس یهودی اسرائیل و نیز بخشی از لبنان که مسیحی باقی ماندند.

سربازان جنگ صلیبی، مسلمانان را متمدن تر و عالم تر از آنچه به تصور می آوردند، یافتند و در بازگشت از این جنگ فرآورده های نوی را که اعراب مصرف می کردند (چون ابریشم و قند) و پیشرفتهای پزشکی و کیمیاگری را، که اروپا از آنها بهره ای نداشت، به ارمغان آوردند.

دانشمندان کنجکاو و جسور اروپایی، در نقاطی چون اسپانیا و سیسیل به تحصیل دانش مسلمانان پرداختند و به کمک دانشمندان مسلمان و کلیمی کتابهای عربی را به زبان لاتینی ترجمه کردند.

بزرگترین مترجمان متقدم، ایتالیایی به نام **ژرار آف کرمونا**^۱ (۱۱۷۸-۱۱۱۴) بود. وی به شهر تولدو^۲ در اسپانیا، که بتازگی از دست مسلمانان آزاد شده بود، سفر کرد و به یاری دانشمندان مسلمان بعضی از کتب کیمیاگری **جابر و رازی** و کتب پزشکی **ابن سینا** را ترجمه کرد؛ نیز به ترجمه بعضی از آثار ارسطو و دوریاضی دان بزرگ یونانی **اقلیدس و بطلموس** پرداخت.

در این جریان دو مترجم مشهور یکی دانشمندی مسلمان به نام **آوورس**^۳ که در اسپانیا می زیست و دیگری **ممنیدس**^۴ که در مصر به سر می برد، به ترجمه فلسفه یونانی پرداختند و این امر موجب شد که توجه دانشمندان اروپای غربی به فلسفه **ارسطو** جلب گردد.

Averros - ۳

Toledo - ۲

Gerard of Cremona - ۱

Maimonides - ۴

بدین روش دانش عرب که بتازگی گشف گردیده و آثار یونانی که دوباره احیا شده بود در سرتاسر اروپا انتشار یافت. در قرن سیزدهم اروپای غربی به صورت مرکزی علمی درآمد و رهبری دانش جهان را در دست گرفت و تا قرن بیستم همچنان باقی ماند.

کیمیاگران اروپایی

طبیعی است که کیمیاگری عرب بزودی مورد توجه دانشمندان اروپایی واقع گردید. نخستین کسی که در این زمینه به تحقیقات اساسی دست زد نجیب زاده‌ای آلمانی به نام آلبرت^۱ است که کنت بولاشات^۲ و به آلبرتوس ماگنوس^۳ معروف بود (۱۲۸۰-۱۲۰۶) وی به «استاد کل» نیز معروف بود زیرا آثار ارسطو را می‌آموخت و به نظر دانشجویانش عالم به همه علوم می‌نمود.

آلبرتوس ماگنوس نسخه‌هایی برای تولید طلا و نقره ترتیب داد ولی مهمترین کار وی پیدا کردن روش تهیه «ارسنیک» بود (چون کسی در آن ایام از این گونه امور چیزی نمی‌دانست). ارسنیک فلزی است مایل به خاکستری که بعضی از خواص فلزات را دارد. کانیهای حاوی ارسنیک از زمان یونانیها و رومیها شناخته شده و به عنوان مواد رنگی به کار برده می‌شدند. ولی ارسنیک خالص چیز نوی بود. آلبرتوس ماگنوس نخستین کسی بود که این فلز را به حالت خلوص

تهیه و نام‌گذاری کرد و با این عمل، نظر دانشمندان اروپایی را به خود جلب کرد و اعتبار و افتخار فراوان یافت.

دو تن از شاگردان آلبرتوس ماگنوس شهرت بسیار یافتند: یکی تامس آکیناس^۱ (۱۲۲۴-۱۲۲۵) ایتالیایی و دیگری روژه بیکن^۲ (۱۲۹۲-۱۲۱۴) انگلیسی بود. بیکن کیمیاگری جدی بود و نظریات جابر را درباره خصوصیات «جیوه» و «گوگرد» اشاعه داد. بعضی‌ها اختراع باروت را به بیکن نسبت می‌دهند ولی از قرار معلوم نخستین اروپایی مخترع آن کیمیاگری آلمانی به نام برتولد شوارتز^۳ بوده است.

کیمیاگر متقدم دیگر اروپایی رنولد^۴ اهل ویلانوای^۵ اسپانیا بود. وی در جریان کوشش بیهوده‌ای که برای تبدیل فلزات ارزان قیمت به طلا به عمل می‌آورد به کشف مهمی نائل آمد. بدین معنی که توجه یافت بعضی از بخارات حاصل از ذغال چوب سمی هستند. آنچه وی کشف کرده بود (اگرچه نامش را نمی‌دانست) مونواکسید کربن بود.

در حدود سال ۱۳۰۰ کیمیاگر دیگری در اسپانیا می‌زیست که در نوشته‌هایش نام خود را به تقلید از نام جابر، جبر^۶ گذاشت تا مانند او مشهور شود. ولی بهتر آن بود که وی نام حقیقی خود را بر نوشته-

۱- Thomas aquinas ۲- Roger Bacon ۳- Berthold Schwarz

۴- Arnold ۵- Villanova ۶- Geber

هایش می گذاشت زیرا کاشفی واقعی بود ولی نام حقیقی اش امروزه معلوم نیست. وی نخستین کسی بود که اسیدهای کانی قوی، مانند اسید سولفوریک (جوهر گوگرد) و اسید نیتریک (جوهر شوره) را می-شناخته و خواص آنها را بیان داشته است.

این اسیدها کیمیاگران را قادر ساختند که مواد گوناگون را تجزیه کنند. اسیدهای سولفوریک و نیتریک موادی را حل می کردند که در اسیدهای ضعیف (مانند سرکه) محلول نبودند و اسیدهای ضعیف تنها اسیدهایی بودند که کیمیاگران قبلی می شناختند. واقع امر این است که کشف جبر امروزه بیش از طلا ارزش دارد زیرا این دو اسید اساس صنایعی چون کود شیمیایی و مواد منفجره و رنگ سازی و بسیاری از صنایع دیگر است. اگر همه طلاهای دنیا از بین برود تأثیر مهمی در زندگی ما نمی گذارد ولی از میان رفتن اسیدهای قوی فاجعه بزرگی ببار خواهد آورد.

در آن ایام تنها چیزی که توجه آدمی را به خود جلب کرده بود پیدا کردن فرمولی جادویی برای تهیه طلا بود. و بسیار کسان ادعا کرده اند که در این راه توفیق یافته اند. یکی از مشهورترین آنها دانشمندی اسپانیایی به نام **رامون لولی**^۱ بود. به طوری که معروف است وی برای ادوارد اول پادشاه انگلستان طلا ساخته بود. مسلم است که **لولی** به چنین کاری موفق نشده بود و از این گذشته جزء چند

کیمیاگر معدودی بود که تبدیل سایر فلزات به طلا را ممکن نمی‌دانست. با وجود این مردم مشتاق بودند که افسانه‌های مربوط به این کار انجام نشده را باور کنند.

کار طلاسازی به دغل‌بازی کشید، به طوری که مقادیر زیادی سکه‌های «طلا» (که چیزی جز سکه‌های برنجی یا سرب مطلا شده نبودند) به بازار آمد و چنین ادعا شد که از طریق کیمیاگری تهیه شده‌اند. کار دغل‌بازی به جایی رسید که در سال ۱۳۱۳ پاپ جان دوازدهم، به این دلیل که استحاله فلزات غیرممکن است و کیمیاگران مردم را فریب می‌دهند و اقتصاد را متزلزل می‌سازند، کیمیاگری را تکفیر کرد.

در انگلستان هنری چهارم و پادشاهان بعدی فقط به بعضی از افراد اجازه این کار را دادند تا بتوانند طلا را تحت کنترل داشته باشند. تا مدت دو قرن بعد از جبر کشف قابل توجهی در کیمیاگری به عمل نیامد و هر چه می‌شد صورت فریب و کلاهبرداری داشت. سرانجام بعضی‌ها به کلاهبرداری خود خاتمه دادند، معدودی مجازات شدند و حتی بعضی به دار آویخته شدند. و کلمه «کیمیاگری» معنی «دغل‌بازی» به خود گرفت.

بدیهی است که کیمیاگران شرافتمند نیز وجود داشتند. یکی از آنها برنارد ترویزان^۱ ایتالیایی بود (۱۳۹۰-۱۴۰۶) وی همه عمر

و ثروت خود را تلف کرد تا مگر راز تهیه طلا را پیدا کند. با آغاز قرن شانزدهم روح جدیدی به فلسفه طبیعی دمیده شد و کیمیاگری را نیز تحت تأثیر قرار داد. از میان کیمیاگران نسل جوان کیمیاگری غریبه در سوئیس می‌زیست که نامش **تئو فراستوس بومباستوس فن هوهنهایم**^۱ بود (۱۵۴۱-۱۴۹۳). پدرش بدو پزشکی آموخت و خود در معادن اطیش به مطالعه کانیها پرداخت. نیز به همه نقاط اروپا سفر کرد و هرچه آموختنی بود فرا گرفت. فن هوهنهایم مطالعات کیمیاگری خود را به جای تهیه طلا متوجه یافتن «سنگ فیلسوف» ساخت تا از آن راه داروهایی برای مداوای بیماریها بیابد.

یکی از نویسندگان معروف رومی که مطالب مربوط به پزشکی می‌نگاشت **اولوس کورنلیوس سلسوس**^۲ بود. فن هوهنهایم نظریات رومیها و یونانیها در مورد بیماری را باطل عنوان کرد و خود را **پاراسلسوس**^۳ (به معنی مافوق سلسوس) نامید.

وی در سال ۱۵۲۶ که در شهر **بازل**^۴ سوئیس استاد پزشکی بود، با اقدام به سوزاندن کتب پزشکی یونانی و عربی، دانشمندان معاصر خود را دچار شکفتی ساخت. **پاراسلسوس** با اقدامات مؤثری از این قبیل علم را از ر کود و خمودگی رهایی داد. اگرچه پزشکان زمان از

۱ - Theophrastus Bombastus Von Hohenheim

۴ - Basel

۳ - Paracelus

۲ - Aulus Cornelius Selsus

از این کارهای پاراسلسوس خشمگین بودند ولی ناگزیر شدند که طرز تفکر خود را در باره نظریات موجود تغییر دهند. بعضی از بیماران را، که پزشکان در معالجه آنها درمانده بودند، مداوا کرد و بسیار مشهور شد. ولی کارهای او از دغلبازی بدور نبود، چنانکه مدعی کشف راز عمر جاویدان شد. ولی عمرش کفاف نداد تا این تئوری را به ثبوت رساند. وی در ۵۰ سالگی، از این جهان رفت. علت مرگ وی ظاهراً شکافی بود که به علت سقوط از ارتفاع در جمجمه اش حادث شده بود.

پاراسلسوس مادهٔ سومی به «جیوه» و «گوگرد»، که خواص فلزات و قابلیت اشتعال داشتند، افزود. اما «نمک» یعنی غیر فلزی که نمی سوخت چه! وی معتقد شد که سومین مایهٔ مخصوصی که غیر فلز است و نمی سوزد «نمک» در بر دارد.

پاراسلسوس نخستین کسی است که خواص **روی** را شناخت. کانیهای حاوی **روی** از مدتها پیش برای تهیه برنج (آلیاژ مس و روی) به کار می رفته اند، ولی خود فلز ناشناخته بود. روی این اصل است که **پاراسلسوس** را کشف **روی** می شناسند.

در آن روز نام **پاراسلسوس** مترادف با علم کیمیا بود، ولی واقع امر این است که وی مشهورترین کیمیاگر نبود. شهرت کیمیاگری آن زمان از آن کسی بود که کمتر به کیمیاگری یا علم پرداخته بود. وی کسی بود که در عصر خود (نیز در عصر **پاراسلسوس**) شهرت

فراوانی در جادو گری یافته بود. معروف بود که وی با شیطان عهد بسته است. نام این کیمیا گر، که **گوته** آن را جاویدان ساخته، **یوهان فاوست**^۱ بود.

در پایان قرن شانزدهم علم کیمیا شروع کرد به علم واقعی تبدیل شدن. در سال ۱۵۹۷ کیمیا گری آلمانی به نام **آندر آس لیبائو**^۲ که به **لیبائویوس**^۳ معروف بود، در نتیجه جمع آوری همه اطلاعاتی که در زمینه کیمیا گری وجود داشت، راه را برای پیشرفت علم صاف کرد. **لیبائویوس** نخستین کسی است که راههای تهیه اسید کلریدریک را یافت.

اکنون جا دارد که پاسخهایی را که دانشمندان به این پرسش **تالس** که «جهان از چه ساخته شده است؟» داده اند خلاصه کنیم. پاسخها در جدول صفحه ۳۲ نشان داده شده اند.

پس از ۲۰۰۰ سال تعمق چه محصولی! نظریات انسان در باره ماده هنوز بسیار خام بود. کسی نتوانسته بود عنصری را از میان دیگر مواد جدا سازد، یا راهی اساسی برای ترکیب عناصرها و تبدیل آنها به ماده مرکب بیابد.

اما انقلابی در شرف وقوع بود. قرن هفدهم چون خورشید فروزانی طلوع کرد و نظریات قدیمی را که چون شمعیهای کوچکی سوسو می زدند، از پرتوافکنی انداخت و افق علم را روشنایی بخشید.

جدول ۱

عصرهای قدیمی وقرون وسطایی

عصرها	تاریخ معرفی	معرفی کننده
«آب»	۶۰۰ سال پیش از میلاد	تالس
«هوا»	۵۵۰ سال پیش از میلاد	اناکسیمنس
«آتش»	۵۵۰ سال پیش از میلاد	هرقلیطوس
«خاک»	۴۵۰ سال پیش از میلاد	انبادقلس
«اثیر»	۳۵۰ سال پیش از میلاد	ارسطو
«جیوه»	۷۵۰ سال بعد از میلاد	جابر
«گوگرد»	۷۵۰ سال بعد از میلاد	جابر
«نمک»	۱۵۳۰ سال بعد از میلاد	پاراسلسوس

آغازی نو

انقلاب علمی در سال ۱۵۴۳، یعنی دو سال پس از منرگ پاراسلسوس آغاز گردید. در آن سال منجمی لهستانی به نام نیکولا-کپرنیک^۱ تئوری شگفت‌انگیز خود را مبنی بر اینکه خورشید مرکز عالم است نه زمین، به چاپ رسانید. بیش از نیم قرن طول کشید تا دانشمندان با این نظریه خو گرفتند. ترك نظریه‌های قدیمی در نجوم نیز از عواملی بود که به حصول طرز تفکر جدید علمی یاری کرد.

فرانسیس بیکن^۲ (۱۶۲۶-۱۵۶۱) یکی از نخستین کسانی بود که شیوه جدید علمی را بسط داده و در سال ۱۶۰۵ کتابی به نام «احیاء العلوم کبیر»^۳ انتشار داده و در این کتاب تفکر و استدلال بی‌مایه و خیالبافی را سد راه پیشرفت علم نشان داده است. سپس در

سال ۱۶۲۰ روش نوی از تعقل در کتابی به نام «ارغنون جدید»^۱ عرضه کرده است. (عنوان کتاب از کتاب «ارغنون» ارسطو گرفته شده که، منطق را مأخذ علم گرفته و همهٔ مسائل را به قیاس معلوم می‌کند.)

بیکن معتقد بود که قیاس، یعنی شیوهٔ تعقل بر اساس استخراج جزئیات از کلیاتی که بنیان قرار داده شده‌اند، بدون آنکه در حقیقت و درستی آنها دقت کنند، برای ادراک ماهیت جهان خارج ناکافی است. قیاس در ریاضیات مفید است ولی «فلسفهٔ طبیعی» (یعنی علم) به وسیلهٔ دیگری احتیاج‌هست. باید به مطالعهٔ خود طبیعت پرداخت، مشاهده کرد، واقعیات را جمع‌آوری نمود و آنها را مرتب ساخت و تئوریه‌ها یا قوانینی بر اساس آن واقعیته‌ها بنا کرد.

بیکن خود «روش استقرایی» را برای مطالعه جهان خارج به کار برده ولی شخصیت بزرگ معاصرش که **گالیله**^۲ نام داشت از این روش استفاده کرده است.

انقلاب علمی

از میان دانشمندانی که در این کتاب نام برده‌ایم شاید **گالیله** نخستین کسی باشد که در خور نام «دانشمند واقعی» است. وی هنوز جوان بود که مطالعات عجیب خود را (برای مردم آن زمان) آغاز

کرد. مثلاً هفده ساله بود که روزی متوجه شد که زمان نوسانهای چلچراغ کلیسای بزرگ پیزا^۱ یکسان است، خواه نوسانها دامنه‌دار خواه کم دامنه باشند. وی پس از توجه به این امر به‌خانه آمد و به آزمایشهایی دست زد. وی آونگهای گوناگون ترتیب داد و زمان نوسان آنها را با ضربهای که برای شروع نوسانها بدانها وارد می‌کرد متفاوت ساخت. نتیجه آزمایش نظرش را تأیید کرد. بدین معنی آونگی که با نخ به درازای معینی ساخته می‌شود همیشه با یک سرعت نوسان می‌کند، خواه وزن آونگ زیاد یا کم خواه نخ آن دراز یا کوتاه باشد.

این گونه مطالعات به نظر فلاسفه آن زمان احمقانه می‌آمد. زیرا به نظر آنها اندازه‌گیری و آزمایش و بازی با نخ و گوی کار یک متفکر واقعی نبود. اما **گالیله** دست از آزمایشهایش برنداشت و با روشهای دقیق پدیده‌ای را پس از پدیده دیگر مورد تحقیق قرار داد و بیش از پیش توجه معاصران را به خود جلب کرد. وی با غلتاندن گویها روی سطح شیب‌دار نادرستی نظر **ارسطو** را به ثبوت رسانید. **ارسطو** معتقد بود که اشیای دارای وزنهاى متفاوت با سرعتهای متفاوت سقوط می‌کنند. **گالیله** تلسکوپى ساخت و مشاهداتی به عمل آورد که به نادرست از آب در آمدن صور فلکی یونانیان انجامید. وی ستارگانی یافت که با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شدند. کوههایی در ماه و لکه‌هایی

در خورشیدیافت. وی در اطراف مشتری چهار ماه کوچک مشاهده کرد. **گالیله** نخستین کسی نبود که در طول تاریخ اقدام به مشاهده و اندازه گیری و آزمایش کرده، بلکه از نظر پیشرفت دادن این نوع طرز تفکر و عوام فهم کردن آن سر آمد بود. وی مقالات و کتابهایی درباره کشفیاتش نگاشته (نوشته های **گالیله** به زبان ایتالیایی بوده نه به زبان لاتینی) که بسیار جالب و واضح بودند و دانشمندان اروپایی شروع کردند بدان روی آوردن. بدین سبب است که به نظر بیشتر مردم **گالیله** بنیانگزار چیزی است که ما «علم» می نامیم. (واقع امر این است که کلمه «علم» از قرن نوزدهم مصطلح شد ولی تا آن زمان دانشمندان خود را «فلاسفه طبیعی»^۱ می نامیدند. در حال حاضر نیز دانشجویانی که در کار علم به پیشرفتهایی نایل می شوند درجه Ph. D می گیرند. (به معنی «دکتر در فلسفه» - Doctor of Philosophy).

انقلابی علمی که به دست **گالیله** آغاز شد، در همه رشته های علوم از آن جمله در علم کیمیا مؤثر افتاد.

در سال ۱۶۰۳ آلمانی به نام **تولده**^۲ کتابی تحت عنوان «مرکب پیروزی انتیموان»^۳ انتشار داد و با انتشار آن کشف دو ماده جدید یعنی «انتیموان» و «بیسموت» را اعلام داشت.

انتیموان هزارها سال پیش شناخته شده بود ولی نه بصورت

يك عنصر . کانیهای حاوی انتیموان در دورانی که کتاب مقدس^۱ حکومت می کرد به نام «سنگ سرمه» معروف بود و از قرار معلوم زنانی که خود را زیاد آرایش می کردند از آن به صورت خود می مالیدند. حتی این احتمال هست که کیمیاگران یونانی راه تهیه انتیموان خالص را می دانستند زیرا باستان شناسان در بابل ظرفی پیدا کرده اند که از این فلز ساخته شده بود.

به گفته تولده، اصل کتاب نگارش کشیشی از قرن پانزدهم به نام بازیلوس والنتینوس^۲ است. ولی مطالب آن چنان پیشرفته بودند که نگارش آن در قرن پانزدهم مورد شك است. حتی در اینکه شخصی به این نام در آن زمان وجود داشته ، تردید وجود دارد . ممکن است تولده خود مؤلف آن کتاب باشد.

شیوه نومطالعه مواد، به کیمیاگری اهل فلاندر (یکی از ایالات بلژیک فعلی) موسوم به یان باپتیست وان هلمونت^۳ (۱۶۴۴ - ۱۵۷۷) منسوب است که در نزدیکی بروکسل به دنیا آمد. وی بیشتر به مطالعه بخارات توجه داشت و بخارات حاصل از ذغال چوب و حبابهای حاصل از تخمیر شیرۀ میوه هارا مطالعه می کرد. چون بخار ماده ای بی شکل است و حالتی دارد که یونانیها بدان کائو^۴ می گفتند، وان هلمونت همین نام را ولی به زبان فلاندری بدان داد و آن را «گاز»^۵ نامید.

1 - Bible 2 - Basilius Valentinus

3 - Jan Baptiste Van Hélmont 4 - Chaos 5 - Gas

تنها گازی که تا آن زمان شناخته شده بود هوا بود. ولی **وان** - **هلمونت** متوجه شد که گاز حاصل از سوختن ذغال چوب خواصی دارد که در هوا نیست. مثلاً شمع در این گاز نمی‌سوزد و این گاز را «هوای چوب»^۱ نامید و نام امروزش **انیدرید کر بنیک** (دی اکسید کربن) است. پس از آن **کیمیا گرد دیگری** به نام **یوهان رودولف گلاوبر**^۲ دست به مشاهدات دقیق زد. مهمترین کشف وی شناختن «نمک گلاوبر»^۳ است که امروزه به سولفات سدیم معروف است. وی توجه یافت که این نمک تقریباً برای مداوای هر چیزی مؤثر است پس آن را «نمک شگفت آور»^۴ نامید.

عصرهای قدیمی به کنار گذاشته می‌شوند

نخستین کسی که پرسش قدیمی **تالس** را بر پایه شیوه جدید علمی مطرح کرد، **رابرت بویل**^۵ انگلیسی بود. **بویل** (۱۶۹۱-۱۶۱۷) در شهر **لیسمور**^۶ در جنوب ایرلند به دنیا آمد، و چهاردهمین فرزند «ارل آف کرک»^۷ بود. وی در سال ۱۶۴۱، درست یک سال پس از مرگ **گالیله** به ایتالیا سفر کرد و در آنجا با نظریات **گالیله** آشنا شد و در بازگشت به انگلستان تحت تأثیر فراوان نظریات وی قرار داشت.

بویل مانند **وان هلمونت** به خواص گازها توجه کرد و آزمایش‌هایی ترتیب داد. بهترین آنها آزمایش‌هایی بودند که با هوادر ظرف

۱ - Air from wood ۲ - Johann Ruholf Glauber

۳ - Glauber's Salt ۴ - Sal mirabile ۵ - Robert Boyle

۶ - Lismore ۷ - Earl of Cork

بسته و تحت فشارهای مختلف انجام داده است. **بویل** به این نتیجه رسید که افزایش فشار با کاهش حجم هوا نسبت مستقیم دارد. این کشف مهم ولی ساده، اکنون به **قانون بویل** معروف است.

بویل در سال ۱۶۴۵ با چند تن از دوستانش به علم جدید روی آورد و انجمنی به نام «کالج فلسفی» ترتیب داد. انجمن بزودی بر اثر طغیان ملت بر علیه تاج و تخت چارلز اول و قتل وی تعطیل شد. چون **بویل** و رفقاییش از طبقه اشراف بودند بهتر آن دیدند که تا مدتی از انظار مخفی شوند. اما پس از آنکه مردم انگلستان در سال ۱۶۶۰ چارلز دوم را به پادشاهی برگزیدند، انجمن فوق علناً به کار خود ادامه داد، ولی این بار تحت حمایت پادشاه قرار گرفت و به «انجمن پادشاهی»^۱ معروف شد. و از آن پس به صورت یک کانون علمی اروپایی درآمد.

بویل در سال ۱۶۶۱ کتابی به نام «شیمی دان شکاک»^۲ دربارهٔ تئوریها و کشفیاتش منتشر ساخت، و خود را نیز «شیمی دان»^۳ نامید. زیرا علم کیمیا دیگر از رونق افتاده بود. از آن پس علم کیمیا به علم شیمی^۴ تبدیل گردید.

بویل خود را از آن جهت شیمی دان شکاک نامید که نظریات قدیمی یونان را دربارهٔ عناصرها مورد شک قرار داده بود و چنین احساس

۱ - Royal Society ۲ - The Sceptical Chemist

۳ - Chymist مشتق از کلمهٔ اصلی یونانی Chymia ۴ - Cemistry

می کرد که تحقیق دربارهٔ عنصرها باید از نو آغاز شود. ابتدا باید کار از اینجا آغاز شود که به وضوح معلوم گردد «عنصر چیست؟» عنصرها باید مواد اساسی سازندهٔ همهٔ چیزها باشند. پس عنصر باید چیزی باشد که به اجزای ساده تر تقسیم نشود. بنابراین یکی از راههای تحقیق این که چیزی عنصر است یا نه تجزیهٔ آن چیز است. روش دیگر تحقیق، ترکیب کردن مواد باهم و به وجود آوردن مواد مرکب و تجزیهٔ مواد مرکب به عنصرهای سازندهٔ آن است. حاصل آنکه بهترین راه شناختن عنصرها آزمایش کردن است.

عنصرهای قدیمی بر پایهٔ نظریهٔ جدید چه وضعی پیدا می کنند؟ «آتش» و «خاک» را در نظر می گیریم. آتش اساساً ماده نبود بلکه فقط پرتو مادهٔ گرم شده بود. خاک نیز از بسیاری مواد ساده تر کیب یافته بود. بنابراین بر اساس تعریف بویل نه «آتش» عنصر بود نه «خاک».

مسئله هوا و آب دشوارتر بود. در زمانی که بویل کتابهایش را به رشتهٔ تحریر درمی آورد، این دو ماده به مواد ساده تر تجزیه شدنی نبودند، پس عنصر به حساب می آمدند. بویل در سال ۱۶۷۱ آزمایشی ترتیب داد که معلوم شد این دو ماده عنصر نیستند و حال آنکه بویل آنها را عنصر می پنداشت. وی اسید بر روی آهن اثر داد و حبابهایی از گاز به وجود آورد. بویل گمان کرد که این حبابها هواست ولی شیمی دانان بعدی متوجه شدند که «گاز آهن» می سوزد و حتی منفجر می شود. متجاوز از صدسال بعد معلوم شد که «گاز آهن» هنگام سوختن

با بخشی از هوا ترکیب می‌شود و آب به وجود می‌آورد. این مسئله نشان داد که آب يك ماده مرکب است نه يك عنصر. از این گذشته آزمایشهای بیشتری که در این زمینه به عمل آمدند معلوم داشتند که آب را می‌توان به دو گاز تجزیه کرد و دوباره به صورت آب ترکیب نمود. اینکه «گاز آهن» فقط با بخشی از هوا ترکیب می‌شود خود دلیلی بر این بود که هوا مخلوطی از مواد است.

بنابراین هیچ‌يك از چهار عنصر قدیمی یونان عنصر حقیقی

نبود .

عصرهای نو

از سوی دیگر بعضی از موادی که یونانیها بدان عنصر نمی‌گفتند عنصر از آب در آمدند. یکی از آنها طلا بود. کیمیاگران به دنبال غیر ممکن بودند، و با همه کوششهایشان قادر به تهیه طلا نبودند، زیرا طلا خود عنصر ساده‌ای بود. تنها کیمیاگری جدید فیزیک هسته‌ای، موفق شده است عنصری را به عنصر دیگر تبدیل کند.

قدیمی‌ها غیر از طلا شش فلز دیگر می‌شناختند که سرانجام معلوم شد که عنصرند: نقره، مس، آهن، قلع، سرب و جیوه. از این گذشته دو غیر فلز نیز می‌شناختند که بعداً معلوم شد عنصرند و عبارت بودند از: گوگرد و کربن.

در جدول شماره ۲ نام ۹ عنصر را که قدیمی‌ها می‌شناختند آورده‌ام

که بنا به تعریف بویل عنصر بودند. در باره اینکه ۹ عنصر نامبرده چه وقت و به وسیله چه کسی کشف شده اند اطلاع دقیقی در دست نیست.

جدول ۲

عنصرهای شیمیایی که قدیمی‌ها شناخته بودند

عنصر شیمیایی	سال کشف	کاشف
طلا	؟	؟
نقره	؟	؟
مس	؟	؟
آهن	؟	؟
قلع	؟	؟
سرب	؟	؟
جیوه	؟	؟
کربن	؟	؟
گوگرد	؟	؟

اما عنصرهایی که کیمیاگران می‌شناختند چگونه بوده اند؟ جابر اگرچه «جیوه» و «گوگرد» را شناساند، ولی این دو ماده به نظر

وی عنصرهای واقعی نبودند. (وی گمان می کرد که اگر آنها را به نسبت‌های مختلف ترکیب کند می تواند طلا و شیشه بسازد). خواص دو عنصر شیمیایی جیوه و گوگرد بر روی هم غیر از دومادهٔ شیمیایی بوده اند که جابر «جیوه» و «گوگرد» می نامیده است. نیز در بارهٔ «نمک» عنصری که پاراسلسوس شناسانده بود، هر دانش آموزی می داند که ترکیبی از سدیم و کلر است.

با وجود این، گرچه کیمیاگران به دنبال طلاسازی بودند، به کشف چند عنصر واقعی نیز توفیق یافتند. در جدول ۳ این عنصرها را با کسانی که کاشف آنها پنداشته می شوند و تاریخ تقریبی کشف، نشان داده ام.

جدول ۳

عنصرهایی که به وسیلهٔ کیمیاگران کشف شده اند

عنصر شیمیایی	سال کشف	کاشف
ارسنیک	؟ ۱۲۵۰	آلبرتوس ماگنوس؟
انتیموان	؟ ۱۴۵۰	بازیلوس والتینوس؟
بیسموت	؟ ۱۴۵۰	« « ؟
روی	؟ ۱۵۳۰	پاراسلسوس؟

بر روی هم در زمان بویل ۱۳ ماده شناخته شده بودند که بعدها عنصر از آب درآمدند.

عصر فلورِیستون^۱

گرچه در پایان فصل پیش ۱۳ عنصر نام برده‌ام ولی مفهومش این نیست که در زمان بویل آنها را عنصر حقیقی می‌شناختند، زیرا شیمی‌دانهای سال ۱۶۶۱ یقین نداشتند که مثلاً طلا را نمی‌توان به مواد ساده‌تر تجزیه کرد.

خود بویل هم طلا را عنصر نمی‌پنداشت، فلز دیگری مانند سرب نیز ممکن بود به موادی تجزیه شود و سپس بتواند به صورت طلا دوباره ترکیب شود. به عبارت دیگر سرب و طلا را مرکب از عنصرهای ساده‌تر می‌پنداشتند. حتی بویل «چارلز دوم» را ترغیب کرد که قانون قدیمی «هنری چهارم» را که مبتنی بر منبع طلا سازی بود لغو کند، زیرا می‌پنداشت که این قانون سد راه پیشرفت علم است.

متجاوز از صد سال بعد از بویل نیز کوشش برای تهیه طلا از

طریق استحاله فلزات دیگر ادامه داشت. یکی از علل این کوشش توجه زیادی بود که پادشاهان عصر به تهیه طلا داشتند. خرج حکومت از قرون وسطی بیشتر بود و حال آنکه سیستم مالیات گیری به همان صورت باقی مانده بود. اگرچه دهقانان تحت فشار مالیات سنگین قرار داشتند ولی آنچه عاید می شد به قدری ناکافی بود و حکام چنان فاسد و رشوه خوار شده بودند که پادشاهان قرون هفدهم و هیجدهم همیشه در تنگدستی روزگار می گذرانند. روی این اصل همواره در پی آن بودند که کمیما گری بیابند که بدانها اطمینان دهد می توان از آهن طلا ساخت. بدین گونه بود که « کریستیان چهارم » پادشاه دانمارک از سال ۱۵۸۸ تا سال ۱۶۴۸ سکه های طلایی که يك کمیما گر برای وی تهیه می کرد رایج ساخت. « فردیناند سوم » امپراتور روم نیز از سال ۱۶۳۷ تا سال ۱۶۵۷ چنین کرد.

گاهی شیادان در کار دغلبازی افراط می کردند. یکی از آنها در سال ۱۶۸۶ به وسیله یکی از مرزداران آلمانی بدار آویخته شد. کمیما گر دیگری نیز در سال ۱۷۰۹ به وسیله « فردریک اول » پادشاه پروس بدار آویخته شد. هم مرزدار وهم فردریک اول به خاطر حرصی که در تهیه طلا داشتند بازیچه این شیادان قرار گرفته بودند.

دغلبازترین آن زمان مردی سیسیلی به نام **کسیپ بالسامو** (۱۷۴۳-۱۷۹۵) بود. وی در جوانی دستیار يك داروساز بود و در آن

مدت، مختصری شیمی و پزشکی آموخت. زبانی چرب و نرم داشت و در جعل اسناد صاحب مهارتی عجیب بود و اساساً پای بند اخلاق نبود. به همه نوع دغلبازی دست زد. مثلاً ادعا کرد که هزارها سال زیسته است و می تواند طلا بسازد و راز اکسیر زیبایی و طول عمر را در دست دارد. او در کشور فرانسه تحت نام **کنت الساندرو دی کagliostro**^۱ با موفقیت کامل در زمان سلطنت «لویی شانزدهم» به کارهای خود ادامه داد. انجمنهایی مخفی برای تهیه طلائی تقلبی تأسیس کرد. مردم غافل را به لطایف الحیل گول زد. سرانجام مرتکب اشتباهی شد و در سال ۱۷۸۵ به زندان فرانسه افتاد. و آن این بود که در سرقت گردن بندی گران قیمت از یک جواهر فروشی، به این اسم که برای ملکه «ماری آنتوانت» خریداری می شود، شرکت کرد.

مسئله «گردن بند ملکه» به زیان ماری آنتوانت، که به نظر بسیار کسان متهم به کارهای ناشایست بود، تمام شد (و حال آنکه وی چنین نبود). همین نظر خود از عواملی بود که «انقلاب فرانسه» را در سال ۱۷۸۹ به راه انداخت. پس از آن **کagliostro** موفق شد از زندان رهایی یابد. ولی بخت دیگر با او یار نبود و در رم به خاطر شرکت در انجمن مخفی شیادان به زندان افتاد و این بار به حبس ابد محکوم گردید.

کagliostro یکی از چهره های مهم بسیاری از رمانهای تاریخی

الکساندر دوماست ولی متأسفانه این رمان نویس بزرگ، از آن به نیکی یاد کرده است.

دانشمندان دیگری که به راستی به کار علم پرداخته بودند نیز دست از دنبال کردن طلاسازی برداشتند. مهمترین آنها **آیزاک نیوتون**^۱ (۱۶۴۲-۱۷۲۷)، بزرگترین دانشمند تاریخ بود. نیوتون مقدار زیادی از وقت خود را به کیمیاگری پرداخت تا مگر راز طلاسازی را بیابد ولی کوشش او به ثمر نرسید و از کوشش افرادی که مایه کمتری داشتند بارورتر نبود.

دوام اعتقاد به کیمیاگری موجب شد که نظریات دیگری که جنبه عامیانه داشتند، پیدا شوند. یکی از آن نظریات تئوری در باره احتراق بود. در حدود سال ۱۷۰۰ یک پزشک آلمانی به نام **ارنست اشتال**^۲ در حالی که از افکار **جابر درمورد مایه اصلی سوخت (گوگرد)** الهام گرفته بود به این مایه مخصوص نام تازه‌ای داد و آن **فلوژیستون**^۳ بود. به عقیده **اشتال** وقتی که ماده‌ای می‌سوزد و فلوژیستون از آن بیرون می‌آید و به هوا می‌رود، خاکستری که باقی می‌ماند، قابل سوختن نیست زیرا کاملاً عاری از فلوژیستون است.

اشتال نظریه دیگری اظهار کرد که از آنچه خود می‌پنداشت زیرکانه‌تر از آب درآمد. وی معتقد بود که زنگ‌زدن فلزات فرایندی

۱- Isaac Newton ۲- G. Ernst Stahl

۳- Phlogiston - مشتق از کلمه یونانی «قابل اشتعال»

نظیر سوختن چوب است (این درست است: هر دو فرایند اکسید شدن است) و چنین عنوان کرد که هنگامی فلزی حرارت داده می‌شود، فلوژیستون از آن فرار می‌کند و چیزی باقی می‌گذارد^۱ که ما امروز زنگ می‌نامیم).

این تئوری ظاهراً مسائلی مربوط به احتراق را با چنان وضوحی توجیه می‌کرد که بیشتر شیمی‌دانها آن را پذیرفتند. تنها انتقاد سخت وارد به این تئوری آن بود که باقیمانده فلز زنگ‌زده از فلز اصلی سنگین‌تر بود. چگونه ممکن است که فلز چیزی از دست بدهد (فلوژیستون) و سرانجام سنگین‌تر شود؟ اما بیشتر شیمی‌دانهای قرن هیجدهم در این باره هیچ‌گونه نگرانی به خود راه نمی‌دادند و حتی بعضی از آنها فلوژیستون را دارای «وزن منفی» می‌دانستند و معتقد بودند که وقتی فلوژیستون به ماده‌ای اضافه‌گردد وزنش کم می‌شود و هنگامی که از آن خارج‌گردد وزن ماده افزایش می‌یابد.

فلزات جدید

«عصر فلوژیستون» با همه حيله گريش موجب چند کشف مهم شد. يك کيميا گر اين عصر براستی عنصری یافت. وی نخستین و آخرین کيميا گری بود که عنصری را به درستی شناخت و راه یافتن و زمان این کشف را به دقت بیان کرد.

این کیمیاگر، آلمانی به نام **هنیگ براند**^۱ بود. گاه او را «آخرین کیمیاگر» می نامند ولی بعد از او هم بسیاری کیمیاگر بوده اند. **براند** هنگامی که به دنبال «سنگ فیلسوف» بود تا از آن طلا بسازد، به فکر عجیبی افتاد و آن این بود که شاید بتواند این سنگ را از ادرار انسان به دست آورد. بدین منظور مقداری ادرار جمع کرد و آن را به مدت دو هفته به حالت سکون در گوشه ای قرار داد. سپس آن را جوشانید تا آبش بخار شود و باقیمانده جامدی به دست آورد. باقیمانده جامد را با ماسه مخلوط کرد و آن را به حرارت زیاد گرم کرد و آنچه بخار حاصل شده بود جمع آوری کرد. هنگامی که بخار سرد شد به ماده جامد سفید نرم تبدیل گردید. جالب این بود که ماده حاصل در تاریکی می درخشید!

آنچه **براند** به دست آورده بود «فسفر»^۲ بود. فسفر درخشنده است زیرا به کندی با هوا ترکیب می شود و می سوزد. البته **براند** متوجه خواص فسفر نشد ولی به دست آوردن یک عنصر (در سال ۱۶۶۹) یک کشف جالب بود و بسیار مورد توجه قرار گرفت. دیگران با شتاب به تهیه ماده درخشان پرداختند. **بویل** نیز بدون آنکه از کارهای **براند** آگاه باشد، مقداری فسفر تهیه کرده بود.

عنصر دیگر بعد از هفتاد سال کشف شد.

معدنچیان آلمانی گاه یک کانی آبی رنگ به دست می آوردند

۱ - Hennig Brand ۲ - Phosphorus مشتق از کلمه یونانی «فروزان»

که مس تولید نمی کرد و حال آنکه سنگهای معدنی آبی رنگ مس تولید می کردند. نیز توجه یافتند که این کانی مخصوص، گاه موجب بیماری می شود (چنانکه بعداً معلوم شد ارسنیک دربر داشت). معدنچیان نام آن را کبالت^۱ گذاشتند. کانی آبی رنگ مورد بحث را در شیشه سازی به کار بردند و شیشه های آبی رنگ تهیه کردند و تهیه شیشه آبی رنگ صنعت بسیار متداولی شد.

در دهه سال ۱۷۳۰ پزشکی سوئدی به نام جرج براندت^۲ به یافتن ساختمان شیمیایی این کانی علاقه مند شد. پس آن را با ذغال چوب حرارت داد. این همان روش معمولی استخراج فلزات از کانیهاست. وی سپس از آن فلزی به دست آورد که مانند آهن بود و آهنر با آن را جذب می کرد. این فلز پس از آهن نخستین فلزی بود که جذب آهنر با می شد. این فلز مسلماً آهن نبود زیرا به خلاف آهن زنگ قرمز تولید نمی کرد. براندت به این نتیجه رسید که این يك فلز نو است و غیر از فلزاتی است که تا کنون شناخته اند. وی نام آن را « کبالت » گذاشت و از آن پس به این نام خوانده می شود.

چنانکه ملاحظه شد براندت فسفر و براندت کبالت را کشف کرد (تشابه اسمی دو کشف دو عنصر تصادف صرف است). براندت به خلاف براندت کیمیاگر نبود. واقع امر این است که وی به امحای کیمیاگری کمک کرد، زیرا طلا را در اسید قوی حل کرد و سپس آن را از محلول

به دست آورد. این یکی از حیل‌هایی بود که کیمیاگران شیاد به کار می‌بردند.

یکی از شاگردان **براندت** به کشف دیگری نایل آمد. وی که **اکسل فردریک کرونشتدت**^۱ نام داشت، شیمی‌دان و نخستین کانی‌شناس بود زیرا کانیهارا به تناسب عنصرهایی که در بر داشتند طبقه‌بندی کرده است. وی در سال ۱۷۵۱ متوجه کانی سبزرنگی شد که معدنچیان بدان «مس شیطان»^۲ می‌گفتند. وی آن را با ذغال چوب حرارت داد و فلزی به دست آورد که مانند آهن و کبالت، جذب آهنر با می‌شد ولی ترکیبات آهن قهوه‌ای و ترکیبات کبالت آبی بودند، اما ترکیبات این فلز سبز بودند. **کرونشتدت** آن را نیکل^۳ نامید.

بعضی‌ها معتقد بودند که نیکل و کبالت عنصر نیستند بلکه ترکیباتی از آهن و ارسنیک هستند. اما مسئله هنگامی روشن شد که شیمی‌دان دیگری از سوئد به نام **توربرن اولوف برگمان**^۴ نیکل را به صورتی خالص‌تر از آنچه **کرونشتدت** به دست آورده بود، تهیه کرد و نشان داد که نیکل و کبالت ارسنیک در بر ندارند و عنصرهای خالصند.

برگمان شخصیتی بزرگ در شیمی جدید بود و چند تن از شاگردانش به کشف چند عنصر نو نایل آمدند. یکی از شاگردان

۱ - Axel Fredrik Cronstedt
 ۲ - Devil's copper
 ۳ - مختصر Kupfernickel
 ۴ - Torbern Olof Bergman

برگمان ، یوهان گوتلیب گان^۱ بود. وی در جوانی در معدن کار می کرد و در تمام مدت عمرش همه توجهش به کانیها بود. شیمیدانها با کانی کار می کردند که «منگنز» نام داشت و شیشه را به رنگ بنفش در می آورد. («منگنز» تلفظ غلط «ماگن-زیا» کانی دیگری بود که کیمیاگران قرون وسطی آن دورا باهم اشتباه می کردند). شیمیدانها مطمئن بودند که کانی بنفش رنگ فلز نوبی در بر دارد، ولی نمی توانستند آن فلز را به وسیله حرارت دادن با ذغال چوب از کانی جدا کنند. گان سرانجام مسئله را بدین صورت حل کرد که کانی را با ذغال چوب به پودر تبدیل کرد و سپس با روغن حرارت داد. طبیعی است که به این فلز منگنز نام دادند.

شاگرد دیگر برگمان ، پتر یاکوب هلم^۲، همین عمل را در مورد سنگ معدن دیگری به نام مولیبدنا^۳ انجام داد. این نام از کلمه یونانی به معنی «سرب» گرفته شده، زیرا شیمیدانهای اولیه آن را با سنگ معدن سرب اشتباه می کردند. هلم از این سنگ معدن فلز سفید نقره ای به دست آورد که مسلماً نقره نبود و «مولیبدنوم»^۴ نامیده شد.

شاگرد سوم برگمان که به کشف عنصری توفیق یافت، سوئدی نبود بلکه اسپانیایی بود و دون فاستو دو الهویار^۵ نام داشت

۱ - Johan Gottlieb Gahn ۲ - Peter Jacob Helm

۳ - Molybdaena ۴ - Molybdenum

۵ - Don Fausto de Elhuyar

وی به کمک برادر بزرگترش به نام **دون خوزه**^۱ به مطالعه سنگ معدن سنگینی پرداخت که **تنگستن**^۲ - کلمه سوئدی به معنی «سنگ سنگین» نیز ولفرام^۳ نام داشت. در سال ۱۷۸۳ در نتیجه حرارت دادن سنگ معدن با ذغال چوب موفق شدند عنصر نوبی به دست آورند که در امریکا به «تنگستن» و در آلمان به «ولفرام» موسوم شد.

برگمان با واسطه یک معدن شناس با کشف فلز جدیدی نیز وابستگی داشت. در سال ۱۷۸۲ معدن شناسی اطریشی به نام **فرانس یوزف موئر**^۴ از سنگ معدن طلا فلز جدیدی به دست آورد که به انتیموان شباهت داشت. نمونه‌ای از آن را برای **برگمان** که بزرگترین معدن شناس عصر بود ارسال داشت. **برگمان** به وی اطمینان داد که این فلز انتیموان نیست بلکه فلزی نوی است که سرانجام تلوریوم^۵ - مشتق از کلمه لاتینی به معنی «خاک» نامیده شد.

در زمان کشف این عنصرها در اروپا، عنصری هم در قاره جدید کشف گردیده. در سال ۱۷۴۸ یک افسر نیروی دریایی اسپانیایی به نام **انتونیو دواولوا**^۶ که بایک گروه علمی در کلمبیا و پرو سفر می کرد به معادنی برخورد که در آنجا تکه‌هایی از یک فلز تهیه می کردند. این فلز شبیه نقره ولی از آن سنگینتر بود. شباهت به نقره (که نام اسپانیایی آن «پلاتا»^۷ - است) موجب شد که آن را پلاتینوم^۸ بنامند.

۱ - Don José ۲ - Tungsten ۳ - Wolfram

۴ - Franz Joseph Muller ۵ - Tellurium

۶ - Antonio de Ulloa ۷ - Plata ۸ - Platinum

اولوآ پس از بازگشت به اسپانیا دانشمند برجسته‌ای شد و نخستین آزمایشگاه معدن‌شناسی را در آن کشور برپا ساخت. وی به علوم طبیعی و پزشکی نیز راغب بود. پس از آنکه اسپانیا سرزمین لوئیزیانا را از دست فرانسه خارج ساخت (بعد از جنگ میان فرانسویها و بومیهای امریکایی) **اولوآ** از طرف چارلز سوم پادشاه اسپانیا به عنوان نماینده پادشاه به نیواورلئان رفت.

فلزاتی نیز که کیمیاگران می‌شناختند در این ایام مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفتند. مثلاً در سال ۱۷۴۶ یک شیمیدان آلمانی به نام **اندراش زیگیس مونت مارگراف**^۱ روی را به حالت خلوص تهیه کرد و برای نخستین بار همه خواص آن را با دقت تمام توصیف کرد. بنابراین در زمره کاشفان فلزات به حساب آمد.

شهرت **مارگراف** بیشتر در این است که از چغندر، قند به دست آورد. به کمک میکروسکوپ توانست بلورهای قند را در این ریشه تشخیص دهد و منبع نوی از قند به جهان عرضه کند. **مارگراف** نخستین کسی بوده که در تحقیقات شیمیایی از میکروسکوب استفاده کرده است.

همان کاری را که **مارگراف** در مورد روی انجام داده بود شیمی‌دان فرانسوی **کلود فرانسوا ژئوفری**^۲ درباره بیسموت کرد. وی در سال ۱۷۵۳ این فلز را به حالت خلوص به دست آورد و با دقت تمام

۲- Claud Francois Geoffrey

۱- Andras Sigismund Marggraf

خواص آنرا توصیف کرد. روی این اصل است که گاهی کاشف این فلز به حساب می آید.

گازهای نو

در قرن پر حاصل هیجدهم فقط به فلزات توجه نداشتند بلکه قویترین انگیزه آن عصر کشف گازها بود. قبلاً اشاره کرده ام که بویل از اثر دادن اسید بر آهن گاز قابل اشتعالی کشف کرده بوده است. کسی که سرانجام این گاز را (هیدروژن) به حالت خلوص به دست آورد، شیمی دان برجسته انگلیسی به نام **هنری کاوندیش**^۱ بود.

کاوندیش از چهره های عجیب تاریخ علم است و خارق عادت احوالش به حد جنون بود و علم تنها چیز مورد علاقه اش بود. به تنهایی به سر می برد. هیچ گاه تحمل سخن گفتن با بیش از یک نفر را نداشت، تازه از این هم بیزار بود. هرگز ازدواج نکرد و نمی توانست به زنان نگاه کند. اگر یکی از خدمتکاران زن، خود را به او نشان می داد فوراً از خدمت معاف می شد. وی در خانه اش پلکانی مخفی ساخته بود تا در موقع رفت و آمد تصادفاً با کسی روبه رو نشود. حتی در این اصرار داشت که در تنهایی بمیرد.

ثروت هنگفتی از **دوک دوون شایر**^۲ که منسوب **کاوندیش** بود به وی رسید. کاوندیش عملاً همه ثروتش را در راه تحقیقات علمی صرف

کرد و تا پایان عمر با تنگدستی به سر برد.
کاوندیش یکی از زیرک ترین آزمایش کنندگان تاریخ بود. شهرت وی در این است که نیروی جاذبه زمین را به دقیقترین صورت اندازه گرفت و برای این کار گلوله‌های سربی به کار برد و توانست سرانجام جرم سیاره ما را محاسبه کند. وی نخستین کسی بود که «زمین را وزن کرد».

کاوندیش در سال ۱۷۷۶، بدانسان که **بویل** عمل کرده بود، اسید کلریدریک را بر آهن اثر داد و گازی به دست آورد. نیز سایر فلزات را با اسید آزمایش کرد. گاز حاصل در همه این موارد بسیار سبک، و از هوا سبکتر بود و به سهولت با شعله‌ای آبی می‌سوخت.
کاوندیش یقین داشت که همه این گازها یکسان هستند. و پنداشت که خود «مایه آتش» (فلوژیستون) را یافته است.

در همین ایام ترکیب هوا تحت مطالعه دقیق قرار گرفته بود. یکی از نخستین کسانی که نشان داد هوا مخلوطی از چند گاز است شیمی‌دانی اسکاتلندی به نام **جوزف بلاک**^۱ بود. وی متوجه شد که هر وقت شمعی درون ظرف سربسته‌ای بسوزد سرانجام خاموش می‌شود و نتیجه گرفت که شمع در موقع سوختن بعضی از اجزای هوا را به مصرف می‌رساند زیرا در ظرف سربسته پس از خاموش شدن شمع هنوز هوا وجود دارد. پس آنچه از هوا باقی می‌ماند چیست؟ آیا انیدرید

کربنیک است؟ **بلاک** هوای باقیمانده را از ماده‌ای که انیدرید کربنیک را جذب می‌کرد گذراند و به این نتیجه رسید که هنوز هم مقدار زیادی هوا باقی مانده است.

بلاک یکی از شاگردانش به نام **دانیل رازرفورد**^۱ (که عموی «سروالتر اسکات»^۲ بود) مأمور کرد که تا در این باره به تحقیق ادامه دهد. **رازرفورد** آزمایش‌های بسیار ترتیب داد. یکی از آزمایش‌ها این بود که وقتی موشی در فضای دربسته‌ای قرار گیرد می‌میرد. علت مرگش ظاهراً به مصرف رسیدن یک گاز حیاتی هواست. **رازرفورد** موشی را در هوایی قرار داد که شمعی در آن سوخته و خاموش شده بود اما اگرچه انیدرید کربنیک آن هوای باقیمانده را از آن جدا ساخته بود، موش نتوانست در آن زندگی کند. مسئله این بود که جنس گاز باقیمانده، که مانع زندگی موش و باعث خاموش کردن شمع می‌گردد چیست؟ **رازرفورد** کوشش کرد که با تئوری مایه‌آتش (فلوژیستون) علت آن را توجیه کند. وی می‌پنداشت هوایی که در آن چیزی بسوزد یا موشی تنفس کند پر از «مایه‌آتش» خواهد شد. و هنگامی که هوا کاملاً از «مایه‌آتش» پر شد (یعنی حداکثر مایه‌آتش را که توانست در خود بگنجاند)، نه چیزی می‌تواند در آن بسوزد و نه موجودی می‌تواند در آن زندگی کند.

مسلماً هوای مملو از فلوژیستون که **رازرفورد** تهیه کرده بود

همان نیتروژن (ازت) بود (به اضافه گازهای نادر هوا). بنابراین وی را می‌توان کاشف نیتروژن دانست، اگر چه، ماهیت آن را نمی‌شناخت.

کشف جالب دیگر، به وسیله کشیشی انگلیسی به نام جوزف - پریستلی^۱ (۱۷۳۳ - ۱۸۰۴) انجام شد. پریستلی پس از ملاقات بنیامین فرانکلین^۲ دانشمند امریکایی در سال ۱۷۶۶ به علم علاقه‌مند شد.

کلیسای پریستلی در نزدیکی یک آبجوسازی بود. این کارخانه به وی فرصت داد تا گازها را مطالعه کند. زیرا از تخمیر جو حبابهای از گاز به مقدار فراوان به وجود می‌آمد. وی ابتدا آزمایشی کرد تا ببیند در این گاز احتراق صورت می‌گیرد یا نه. نتیجه آزمایش منفی بود. از این گذشته نیمسوخته‌های چوب را خاموش می‌کرد. این گاز انیدرید کربنیک از آب در آمد. پریستلی گاز را در آب حل کرد و دید که آب گازدار حاصل، ترش و مطبوع می‌شود. به عبارت دیگر اختراع «آبهای گازدار»^۳ از پریستلی است.

کشف بزرگ نتیجه آزمایشهایی بودند که با جیوه انجام شدند. پریستلی نور آفتاب را به وسیله آینه مقعری بر روی جیوه متمرکز ساخت و بدین وسیله آن را گرم کرد. گرما سبب شد که سطح براق جیوه از پودری متمایل به قرمزی پوشیده شود. وی پودر قسمت سطحی

جیوه را برداشت و در لوله آزمایشی حرارت داد. پودر به دو گاز تبدیل شد. یکی از آن دو گاز به صورت قطرات جیوه متراکم گشت. این گاز همان جیوه اولیه بود که با گاز دومی به صورت پودر درآمده بود. اما گاز دیگر چه از آب درآمد؟ **پریستلی** این گاز را در شیشه‌ای جمع آوری کرد و نیمسوزی از چوب را در آن داخل کرد و دید که نیمسوز مشتعل شده است. از این گذشته شمع روشن در این گاز با شعله درخشانی می‌سوزد. وی مقداری از این گاز را تنفس کرد و اظهار داشت که در حین تنفس آن «احساس سبکی و راحتی» می‌کند.

از آنجا که همه این استنباطات را بر اساس تئوری فلوژیستون می‌اندیشید به این نتیجه رسید که گاز مورد بحث «هوای فاقد فلوژیستون» است. اما این گاز اکسیژن بود.

متأسفانه تحقیقات **پریستلی** به خاطر پیش آمد انقلاب فرانسه در سال ۱۷۸۹ قطع گردید. وی از طرفداران انقلاب بود ولی انگلیسها با این انقلاب موافق نبودند و بزودی به جنگ با فرانسویان پرداختند. در سال ۱۷۹۱ گروهی انگلیسی که مخالف **پریستلی** بودند خانه وی را در بیرمنگام به آتش کشیدند وی بناچار به لندن و سپس به ایالات متحده گریخت. وی توسط **فرانکلین** دوست قدیمی اش به امریکادعوت شده بود. **پریستلی** ده سال باقیمانده عمر خود را در پنسیلوانیا به سر برد.

پریستلی و رازرفورد و کاوندیش مسئله ترکیب هوا را به حال

خود گذاشتند و چون به تئوری فلوژیستون می‌اندیشیدند، هوا را مادهٔ واحدی به تصور آوردند که تنها خاصیتش «گرفتن فلوژیستون» یا از دست دادن فلوژیستون^۱ است. کشف واقعی گازها، که در فصل بعد بدانها اشاره خواهد شد ماهیت هوا را روشن ساختند.

شیمی‌دان بدشانس

گازهایی که تا کنون نام برده‌ام بی‌رنگ و بی‌بو هستند و ظاهراً همه به هوا می‌مانند. ولی در سال ۱۷۷۴ گازی رنگی با بویی زننده کشف شد. کسی که به کشف آن توفیق یافت شیمیدانی سوئدی به نام **کارل ویلهلم شل**^۱ بود. وی مانند کاوندیش عمرش را صرف تحقیقات علمی نمود و همسر اختیار نکرد.

شل آلمانی بود ولی در تمام مدت عمر در سوئد به سر برد. وی هفتمین فرزند خانواده‌ای بود که یازده اولاد داشت. در ۱۴ سالگی به شاگردی یک داروخانه گماشته شد. در آن ایام داروسازان داروها و مواد معدنی را شخصاً تهیه می‌کردند و روی این اصل از محققان پر شور در علم شیمی بودند (در انگلستان اکنون نیز داروسازان شیمیست^۲ می‌گویند).

شل در تاریخ علم شیمی بیش از دیگر شیمیدانها به کشف مواد نو توفیق یافت. وی در عالم گیاهان اسیدهای ضعیف بسیار کشف کرد

(مانند اسید تارتاریک و اسید گالیک و اسید مالیک و اسید سیتریک و اسیدازالیک) و به کشف چند گاز مانند هیدروژن سولفور و فلوئور و هیدروژن و سیانور هیدروژن، موفق شد. این گازها سمی از آب در آمدند و اگرچه سیانور هیدروژن را به خاطر شناختن بویش، تنفس کرد ولی از مسموم شدن به وسیله این گازها جان سالم بدر برد. وی نخستین کسی بود که وجود فسفر را در استخوان تشخیص داد. از میان دیگر موادی که وی کشف کرد «ارسنیت مس» است که اکنون نیز به نام «سبزشل» معروف است.

اما از نظر کشف عنصر بدشانس ترین شیمی دانهای تاریخ بود زیرا تا حصول افتخار یک کشف فاصله ای نداشت.

مثلاً اکسیژن را سه سال پیش از پریستلی (در سال ۱۷۷۱) تهیه کرد و نیتروژن را پیش از رازفورد می شناخت. وی اکسیژن را «هوای آتش»^۱ نامید زیرا چیزها به خوبی در آن می سوختند و نیتروژن را هوای ناپاک^۲ نام گذاشت زیرا در آن احتراقی صورت نمی گرفت. شل آزمایشهایش را به رشته تحریر درآورد و آن را برای ناشری ارسال داشت ولی ناشر سالها از چاپ آن سر باز زد. در همان ایام آزمایشهای رازفورد و پریستلی منتشر شدند و این دو دانشمند به افتخار کشف عنصرهای فوق نایل آمدند.

شل آزمایشهایی نیز انجام داد که وجود منگنز و تنگستن و

مولیبدیوم را در کانیا معلوم می‌داشت ولی همه این فلزات را دیگران به حالت خلوص به دست آوردند و به افتخار کشف آنها نایل آمدند. گان کاشف منگنز وهلم کاشف مولیبدیوم از دوستان شل بودند و برادران الهویار پیش از یافتن تنگستن با شل ملاقات کرده بودند. ولی از میان همه مطالعات پر حاصلی که از کانیا به عمل آورده بود یکی از آنها برای بزرگداشت وی به نامش نامیده شد و آن «شلیت»^۱ بود که وی برای نخستین بار یکی از ترکیبات تنگستن را از آن تهیه کرد. کشفی که نزدیک بود افتخارش نصیب وی شود و شاید به خاطر آن بیشتر مشهور است، «کلر» بود. در سال ۱۷۷۴ وی سنگ معدنی را با اسید کلریدریک آزمایش کرد که پیرو لوزیت^۲ نام داشت. شل اسید کلریدریک را «اسید دریایی» نامید. نتیجه این واکنش شیمیایی گازی بود که رنگی متمایل به سبزی و بویی زننده‌ای داشت. از خواص این گاز سفید کردن برگهای سبز و فاسد کردن تدریجی فلزات بود. شل پنداشت که این گاز بر اثر برداشته شدن فلوژیستون از اسید کلریدریک حاصل شده است پس آن را «اسید دریایی فاقد فلوژیستون» نامید.

آشکار است که شل کاشف این گاز، که بعداً کلر نامیده شده، بوده است. (این کلمه مشتق از کلمه یونانی به معنی «سبز» است). ولی آن را به عنوان عنصر نمی‌شناخته و روی این اصل است که کاشف

جدول ۴

عصرهایی که در عصر فلوریتون شناخته شده‌اند

عصر	سال کشف	کاشف
فسفر	۱۶۶۹	براند
کبات	۱۷۳۵	براندت
پلاتین	۱۷۴۸	اولوآ
نیکل	۱۷۵۱	کر نشتدت
هیدروژن	۱۷۶۶	کاوندیش
نیتروژن	۱۷۷۲	دازرفورد
اکسیژن	۱۷۷۴	پریتلی
کلر	۱۷۷۴	شل
منگنز	۱۷۷۴	گان
مولیبدیوم	۱۷۸۱	هلم
تلوریوم	۱۷۸۲	مولر
تنگستن	۱۷۸۳	فاوستو دو
		الهیوار، یوان- خوزه دو الهیوار

آن به حساب آورده نمی‌شود.

شل درزمینه تندرستی نیز بدشانس بود زیرا همواره از حملات

سخت روماتیسمی رنج می کشید. شاید کار طولانی شبانه در تشدید بیماری وی موثر بوده است. سرانجام در ۴۳ سالگی از این جهان رفته است.

بامرگ وی عصر فلوژیستون نیز پایان پذیرفت. در جدول چهارم ۱۲ عنصری را که در این عصر کشف شده اند نشان داده ام.

پدر شیمی

یکی از علل دوام طولانی تئوری فلوژیستون این بود که شیمی‌دانها به‌جنبه کمی این علم توجه نداشتند. مواد را روی هم اثر می‌دادند و پودرها و گازهای حاصل را با دقت مشاهده و توصیف می‌کردند ولی هیچ‌گاه به اندازه‌گیری نمی‌پرداختند. اگر ماده‌ای طی تغییر و تبدیل اضافه وزن یا کاهش فراوان وزن حاصل می‌کرد برایشان مهم نبود. شیمی‌دانهای اولیه برای مسئله تغییر وزن اهمیت کم قائل بودند.

در نیمه دوم قرن هجدهم شیمی‌دانی پیدا شد که اندازه‌گیری را در واکنشهای شیمیایی مهمترین چیز اعلام داشت و آن را اساس آزمایشهای شیمی دانست. وی که اکنون «پدر شیمی» به حساب می‌آید **آنتوان لورنت لاوازیه**^۱ فرانسوی بود (۱۷۹۴-۱۷۴۳).

لاوازیه در پاریس در خانواده ثروتمندی به دنیا آمد و همه چیز داشت. وی به خوبی تعلیم و تربیت شده بود. ابتدا در حق-وق فارغ-التحصیل شد (پدرش حقوقدان بود) سپس نجوم آموخت، بعد به تحصیل علوم طبیعی و شیمی پرداخت. **لاوازیه** که جوانی جذاب و زیرک بود با دختری زیبا و باهوش ازدواج کرد و زندگی سعادت‌مندی را با او گذرانید. همسر **لاوازیه** به کار وی علاقه‌مند بود و در همه فعالیت‌های علمی او شرکت می‌جست.

مطمئناً زوجی خوشبخت‌تر از **لاوازیه** و همسرش تصور نشدنی بود، ولی نطفه اندوهی در زندگی **لاوازیه** موجود بود. همسر **لاوازیه** دختر یکی از مهمترین مجریان شرکتی خصوصی بود که مالیاتها را برای حکومت لوئی شانزدهم جمع‌آوری می‌کرد. **لاوازیه** خود نیز عضو این شرکت بود. شرکت مزبور امتیاز وصول مالیات را در برابر مقدار ثابتی که به حکومت می‌پرداخت تحصیل کرده بود و روی این اصل از هر چیز ممکن استفاده می‌کرد. با هر گونه تمهید ممکن و تا آنجا که زورش می‌رسید از طبقات متوسط و دهقانان مالیات می‌گرفت و حال آنکه طبقه اشراف از پرداخت مالیات معاف بودند. بدیهی است که مالیات دهندگان از این دسته مالیات بگیرها بیش از دستگاه حکومت نفرت داشتند و هنگامی که انقلاب فرانسه بر راه افتاد یکی از هدف‌های اصلی آن از بین بردن این مالیات بگیرها بود.

اما پیش از آنکه روز تصفیه حساب فرا رسد، **لاوازیه** مدت ۲۰ سال در علم و صنعت زحمت کشیده و از این راه سود فراوان به مردم فرانسه و به علم رسانیده بود. وی روشهایی به منظور تهیه آب شیرین برای شهر پاریس و تأمین روشنایی خیابانها در شب، ابداع کرده و نیز راههای نوی برای تهیه شوره، که از اجزای سازنده باروت است اندیشیده بود. **لاوازیه** در ۲۵ سالگی، حتی پیش از آنکه اثر اصلیش را در شیمی منتشر سازد به عضویت «آکادمی پادشاهی علوم»، که مهمترین انجمن علمی کشور فرانسه بود، پذیرفته شد.

مدتی نگذشت که وی ذریکی از نخستین آزمایشهای شیمیایی اهمیت اندازه گیری دقیق را نشان داد. **لاوازیه** به تکرار آزمایش معمولی، که کیمیاگران آن را دلیل روشن استحاله «عنصرها» می پنداشتند، دست زد. هنگامی که آب را در ظرفی شیشه‌ای می جوشانند (حتی آب مقطر را) رسوبی در ظرف باقی می ماند. این رسوب به نظر کیمیاگران تبدیل آب به خاک بود.

لاوازیه به این فکر افتاد که جریان امر باید غیر از این باشد. پس راهی برای اثبات آن اندیشید. وی مقداری آب باران را (که تقطیر شده طبیعی است) در ظرفی شیشه‌ای پاک ریخت و آب آن را به مدت ۱۰۱ روز جوشانید. ظرف شیشه‌ای طوری ساخته شده بود که بخار آب در بخش بالایی آن متراکم می شد و دوباره در ظرف می ریخت بنا بر این همان آب بارها بخار می شد و به صورت قطره به ظرف باز

می گشت.

لاوازیه در پایان روز صد و یکم، جوشاندن آب را قطع کرد و ظرف را به حال خود گذاشت تا همه بخارها متراکم شود و به صورت قطرات آب باز گردد و در ته ظرف جمع شود. در این موقع رسوبی در ته ظرف به جامانده بود. وی این رسوب را جمع آوری کرد. سپس آب و ظرف را جدا از هم وزن نمود. وی پیش از آزمایش آب و ظرف را با حساسترین ترازویی که در اختیار داشت وزن کرده بود. اما در پایان آزمایش وزن آب دقیقاً همان بود که در آغاز آزمایش درون ظرف ریخته بود، ولی وزن ظرف شیشه‌ای کم شده بود! از این گذشته این کاهش وزن درست برابر وزن رسوب حاصل بود. بنا بر این تنها پاسخ مسئله این بود که «آب جوش مقداری از شیشه را حل کرده است» پس رسوب «خاک» نبود بلکه شیشه محلول شده در آب جوش بود که پس از سرد شدن آن ته نشین شده بود.

چرا چیزها می سوزند؟

مطالعاتی که **لاوازیه** در زمینه روشهای روشن کردن خیابانهای پاریس به عمل آورده بود، وی را متوجه سوخت چراغهای مختلف و نیز ماهیت احتراق ساخت. بنا بر این مسئله احتراق را به روشهای کمی مورد مطالعه قرار داد.

وی مقداری قلع را در ظرف مسدودی قرار داد و همه را جدا

از هم و بر روی هم وزن کردند. سپس ظرف را حرارت داد. پودری روی قلع به وجود آمد. چنانکه قبلاً اشاره کرده‌ام، پودر حاصل در روی فلز سنگین‌تر است. ولی وقتی که **لاوازیه** ظرف را وزن کرد به این نتیجه رسید که به وجود آمدن پودر روی قلع بر وزن محتویات ظرف نیفزوده است. بدیهی است که وزن پودر روی قلع از خود قلع سنگین‌تر بود. پس پودر روی قلع باید از چیز دیگری که از درون ظرف گرفته افزایش وزن حاصل کرده باشد.

هنگامی که **لاوازیه** دهانه ظرف را باز کرد، دید که هوا به سرعت وارد ظرف شده و وزن آن را افزایش داده و این اضافه وزن درست برابر اضافه وزن پودر روی قلع بوده است. پس پودر روی قلع چیزی از هوای اولیه درون ظرف گرفته است.

این آزمایش نکته‌ای اساسی را معلوم داشته که **لاوازیه** آن را در مورد همهٔ واکنشهای شیمیایی صادق دیده و آن این بوده است که: «اگرچه شکل ماده‌ای تغییر می‌یابد ولی وزن کل موادی که در يك واکنش شیمیایی واردند تغییر نمی‌کند.» هنگامی که ماده‌ای در هوا اضافه وزن حاصل می‌کند یا از وزنش کم می‌شود، چیزی از هوا می‌گیرد یا چیزی بدان می‌دهد. **لاوازیه** این موضوع را در نتیجهٔ وزن کردن همهٔ آنچه در واکنش شیمیایی وارد بوده‌اند (حتی بخارات) به ثبوت رسانید. اصلی را که **لاوازیه** به ثبوت رسانیده بعداً به نام «قانون بقای جرم» نامیده شد.

جای این سوال باز بود که «قلع چه چیزی از هوا گرفته و به صورت پودر در آمده است؟». به نظر **لاوازیه** قلع همان چیزی را از هوا می گرفت که **پریستلی** «هوای فاقد فلوژیستون» می نامید. **لاوازیه** برای تحقیق درستی این نظر فلزات را در «هوای فاقد فلوژیستون» حرارت داد. نتیجه حاصل این بود که همه فلزات آن گاز را جذب می کردند.

از آنچه گذشت **لاوازیه** چنین نتیجه گرفته است که هوا مرکب از دو گاز است: اول «هوای فاقد فلوژیستون» **پریستلی**، که **لاوازیه** آن را «اکسیژن» نامید؛ دوم «هوای فلوژیستون دار» **رازرفورد** که وی نامش را «ازت» گذاشته است. کلمه **اکسیژن** مشتق از کلمه یونانی به معنی «اسید ساز» است. اگرچه در این باره **لاوازیه** اشتباه می کرد. زیرا **اکسیژن** در همه اسیدها نیست ولی این نام همچنان برای این گاز باقی ماند. **لاوازیه** کلمه **ازت** را از کلمه یونانی «بیجان» گرفته است. چنانکه به خاطر دارید موش «در هوای فلوژیستون دار» نمی تواند زنده بماند. ولی در زبان انگلیسی بعداً به **ازت** **نیتروژن** گفته اند و این نام از آنجاست که از کانی به نام **نیترا** می توان این گاز را تهیه کرد.

لاوازیه توانست نشان دهد که یک پنجم هوای معمولی **اکسیژن** و چهار پنجم دیگر **نیتروژن** است.

لاوازیه با این کشف خود، تئوری نوری دربارهٔ احتراق، به جای تئوری کهنهٔ فلوژیستون بیان کرده است. بنا بر این تئوری وقتی که ماده‌ای در هوا می‌سوزد یا سطح آن تیره می‌شود با اکسیژن ترکیب می‌گردد و اکسید^۱ به وجود می‌آورد. از سوختن ذغال چوب اکسیدی از کربن (دی اکسید کربن = انیدرید کربنیک) به وجود می‌آید. از زنگ زدن فلز، پودری^۲ به وجود می‌آید که وزنش مساوی است با وزن فلز به اضافهٔ وزن اکسیژنی که از هوا گرفته و با آن ترکیب شده است. هنگامی که ذغال چوب را با اکسید یک فلز حرارت می‌دهند، از آنجا فلز اولیه تولید می‌شود که، اکسیژن از آن جدا می‌گردد نه اینکه فلوژیستون بدان اضافه شود.

لاوازیه تئوری احتراق به وسیلهٔ اکسیژن را در سال ۱۷۸۳ چاپ منتشر ساخت. در همان سال تئوری **لاوازیه** قدم بزرگی به جلو رفت و آن بر اثر آزمایشی بود که **کاوندیش**، نابغهٔ انگلیسی، به عمل آورده بود و در واقع در پی اثبات چیزی کاملاً خلاف نظر لاوازیه بود. **کاوندیش** که دست از تئوری «فلوژیستون» بر نمی‌داشت، گمان می‌کرد که «هوای قابل اشتعالی» که به دست آورده بود، همان فلوژیستون است. وی می‌پنداشت که اگر این هوا را به «هوای فاقد فلوژیستون» بیفزاید هوای «دارای فلوژیستون» به دست خواهد آورد. بر اساس آنچه امروزه می‌دانیم واقع امر این است که او گمان می‌کرد

هیدروژن را در اکسیژن می‌سوزاند و نیتروژن محصول این احتراق است.

مسلم است که وی توفیقی در این راه به دست نیاورده است. زیرا وقتی که «هوای قابل اشتعال» را با «هوای فاقد فلورژستون» سوزانید و بخار حاصل را جمع‌آوری کرد، دید که به مایع زلالی که جز آب چیزی نبود تبدیل شده است!

کاوندیش نتیجه آزمایش خود را بادقتی تمام گزارش داد ولی بر سر توجیه آن وامانده بود. **لاوازیه** به محض شنیدن گزارش **کاوندیش**، چون پاسخی را می‌دانست، از طریق آزمایش آن را به ثبوت رسانید. **لاوازیه** نشان داد که «هوای قابل اشتعال» **کاوندیش**، گازی بود که وی هیدروژن^۱ نامیده است. هیدروژن و اکسیژن باهم ترکیب می‌شدند و آب تولید می‌کردند. پس آب اکسید هیدروژن بود.

این آزمایش مهم سرانجام، نظریه یونانیها راجع به عنصرها را برای همیشه به دست فراموشی سپرد، و نشان داد که آب عنصر نیست بلکه ترکیبی است از هیدروژن و اکسیژن؛ و هوا مخلوطی است از نیتروژن و اکسیژن. از این گذشته به داستان تئوری، فلورژستون پایان بخشید و با امحای این تئوری شیمی نو به وجود آمد.

اگر خطایی به لاوازیه نسبت داده شده، این بوده که وی بیش از

۱- Hydrogen مشتق از کلمه یونانی به معنی (آب ساز).

آنچه شایستگی داشته، مشتاق کسب افتخار بوده است. مثلاً در گزارشهایی که از کارهایش داده از ذکر اینکه از آزمایشهای **پریستلی** مطلع بوده و درباره آنها شخصاً با او بحث کرده مسامحه ورزید. وی اینطور وانمود کرده که اکسیژن را به تنهایی کشف کرده است. نیز درباره آزمایش سوزاندن هیدروژن معلوم نساخته است که از کارهای **کاوندیش** اطلاع داشته است.

پریستلی و **کاوندیش** ممکن است که از این رفتار ناپسند لاوازیه رنجیده باشند. به هر حال **پریستلی** و **کاوندیش** تئوری اکسیژن لاوازیه را راجع به احتراق نپذیرفتند و هر دو تا دم مرگ نسبت به تئوری فلوژیستون وفادار ماندند. ولی تاریخ این افتخار را برایشان محفوظ داشته است که به وسیله آزمایشهای خود نخستین پایه‌های شیمی نو را گذاشته‌اند.

عجیب است که دهها سال پس از لاوازیه، کیمیاگران و شیادان کیمیاگر، همچنان به کار خود مشغول بودند. چنانکه **فرانسیس جوزف** امپراطور اتریش و مجارستان، که از آخرین طرفداران نظریات قرون وسطایی در قرن نوزدهم بود، در سال ۱۸۶۷ به شیادانی که مدعی بودند از نقره و جیوه طلا می‌سازند پول کافی پرداخته بود. در حال حاضر نیز، به همان گونه که بعضی کسان به احکام نجوم و جفر و قیافه‌شناسی و سایر صور کشف و شهود، اعتقاد دارند عده‌ای هستند که به کیمیاگری

نیز معتقدند.

زبان نو

از جمله خدماتی که **لاوازیه** به علم شیمی کرده، ابداع سیستم نوی برای نامیدن مواد شیمیایی بوده است. کیمیاگران جهل (یا نیرنگ) خود را به زبان تفنن و شعر می آراستند. طلا را به نام خورشید و نقره را ماه می نامیدند؛ فلزی را که در اصل به نام «جیوه» یا «سیماب» می شناختند به نام سیاره «عطارد» نامیدند. نیز مخلوط اسید نیتریک (جوهر شوره) و اسید کلریدریک (جوهر نمک) را تیزاب^۱ خواندند. این نام امروزه نیز گاه به کار می رود.

اگر علم شیمی زبان تفنی کیمیاگران و صورت ابهام آمیز خود را همچنان حفظ می کرد، دچار عقب ماندگی نومیدانه‌ای می شد، پس به جنبش نوی نیازمند بود. لاوازیه به کمک چند تن از شیمیدانهای فرانسوی سیستم نوی برای نامگذاری مواد ترتیب داد.

این سیستم بر اساس نام عنصرها بنا شده است و مواد مرکب را بر پایه عنصرهایی که در بردارند معرفی می کند. مثلاً نمک طعام که از سدیم و کلر مرکب است «کلرور سدیم» نامیده شد و گازی که از هیدروژن و گوگرد مرکب است «هیدروژن سولفور» خوانده شد،

و اسیدی که گوگرد دارد «اسید سولفوریک» نامیده شد و براین قیاس.

نیز در این سیستم برای موادی که از عنصر معینی به مقدار متفاوت دارند، نامهای خانوادگی ترتیب داده شده است. مثلاً چهار اسید هست که هیدروژن و کلرو اکسیژن دارند. این اسیدها را به تناسب افزایش مقدار اکسیژن به نامهای زیر می خوانند: (۱) اسید هیپو کلرو، (۱) اسید کلرو، (۳) اسید کلریک، (۴) اسید پر کلریک. اگر به جای هیدروژن هر یک از این اسیدها یک سدیم بنشیند مواد حاصل عبارت خواهند بود از: (۱) هیپو کلرید سدیم، (۲) کلریت سدیم، (۳) کلرات سدیم (۴) پر کلرات سدیم.

کم کم تمایلی منطقی به نامگذاری خود عنصرها پیدا شد. پیش از سال ۱۸۰۰، نامگذاری عنصرها بسته به میل کاشف آنها بود و قاعده‌ای نداشت، ولی از سال ۱۸۰۰ به بعد رسم بر این شد که هر فلزی را با پسوند um یا ium و هر غیر فلزی را با پسوند on یا ine بنامند (فقط یک استثنا وجود دارد که بعداً بدان اشاره خواهم کرد). و همه عنصرهایی که دارای چنین پسوندهایی نیستند، پیش از **لاوازیه** کشف شده بوده اند.

لاوازیه در سال ۱۷۸۹ نخستین کتاب شیمی نو را به چاپ رسانید و بدان «کتاب مقدماتی شیمی» نام داد. وی در این کتاب درباره همه اطلاعات شیمی، درپرتو تئوری نو احتراق، به بحث پرداخت و

نامگذاری نو را نیز به کار برد. و صورت اسامی عنصرهایی را که تا آن زمان شناخته شده بودند در کتاب آورد. جدول ۳۳ عنصری لاوازیه رقمهای جالبی داشت از آن جمله وی «نور» و «گرما» را در زمره عنصرها جا داده بود. اما ۲۳ عنصر از میان ۳۳ عنصر فوق از عنصرهای واقعی بودند.

کتاب **لاوازیه** به بسیاری از زبانها ترجمه شد و شیمی نو را در همه جا پراکنده کرد، اما عمر لاوازیه برای دیدن این موفقیت جهانی کفاف نداد. سال ۱۷۸۹ در عین حال که سال انتشار کتابش بود، مقارن انقلاب فرانسه نیز بود.

لاوازیه با آرامش خاطر در آزمایشگاه خود به کار مشغول بود و از سیاست دوری می جست، ولی در سال ۱۷۹۲ که افراطیون انقلاب را به دست گرفتند، وی را به عنوان يك مالیات بگیر توقیف کردند. **لاوازیه** به این عنوان که دانشمند است و با کار مالیات بگیری ارتباطی ندارد به توقیف خود اعتراض کرد، ولی افسری که مأمور توقیف او بود با خشم فراوان گفت: «جمهوری نیازی به دانشمند ندارد.»

ژان پل مارا افراطی که خود را دانشمند می پنداشت کینه عجیبی نسبت به **لاوازیه** به دل داشت. زیرا هنگامی که وی تقاضای عضویت «آکادمی پادشاهی علوم» کرده بود، **لاوازیه** بدو رأی منفی داده بود. **مارا** شخصاً مراقب بود تا **لاوازیه** به اعدام با گیتوین محکوم

شود. اگر چه خود بلافاصله پس از رأی هیئت منصفه به قتل رسید، اما در دوم ماه مه ۱۷۹۴ **لاوازیه** را نیز با گیوتین سر بریدند. ده هفته بعد حکومت افراطیون سرنگون شد و فرانسه آرامش یافت، ولی اعدام **لاوازیه** چون داغ ننگ بر پیشانی انقلاب فرانسه باقی ماند. شك نیست که مرگ **لاوازیه** در سن پرحاصل ۵۰، زیانی بزرگ به علم شیمی وارد آورده است.

ذرات نامرئی

شیمی نو **لاوازیه**، دو مسئله کهنه «عنصر چیست» و «وجه تمیز آنها از یکدیگر کدام است؟» را بیش از پیش پیچیده ساخته بود. تعداد زیادی عنصر وجود داشت که مرتباً بر شماره آنها افزوده می‌شد. بسیاری از آنها خواص مشترک داشتند ولی در عین حال هر يك دارای خصوصیتی تغییرناپذیر بود. مثلاً آهن و کبالت و نیکل از جهاتی بسیار به هم شبیه بودند ولی به همان گونه که سرب به طلا تبدیل شدنی نبود آهن هم به کبالت و نیکل تبدیل نشدنی بود. هیدروژن و اکسیژن و نیتروژن هر سه گاز بیرنگ بودند ولی گرما در آنها سه اثر متفاوت داشت و با هیچ وسیله‌ای به هم قابل تبدیل نبودند.

طی بیست سالی که از مرگ **لاوازیه** گذشته بود راز تغییرناپذیری عنصرها از پرده بیرون افتاد. واقع امر این است که چند نفر از متفکران یونانی که بیش از دوهزار سال پیش می‌زیستند اشاراتی

در این باره کرده بودند.

مثلاً **انکسیمندروس** فیلسوف یونانی ظاهراً نخستین کسی است که می‌پنداشت همهٔ مواد، مرکب از ذرات کوچک هستند. **لوسیپوس**^۱ - اهل ملطی که تحت تأثیر این فکر قرار گرفته بود دربارهٔ آن با شاگردش **ذیمقراطیس** به بحث پرداخته بود (بابولوس ذیمقراطیس کیمیاگر متأخر اشتباه نشود).

ذیمقراطیس این نظریه را بسط داد. وی در شهر کوچکی در ناحیهٔ اژه به نام **آبدرا**^۲ به دنیا آمد. شهر آبدرا به نظر یونانیان مردمی ساده دل داشت و لغت آبدریت^۳ معنی شخص «کودن» به خود گرفته بود، اما اگرچه **ذیمقراطیس** ابدریت بود ولی کودن نبود و بزرگترین فیلسوف یونان از آب در آمد. (وی به «فیلسوف خندان» معروف بود، زیرا چهره‌ای بشاش داشت).

ذیمقراطیس چنین معتقد شد که هر عنصری مرکب از ذرات بسیار کوچک نامرئی است و ماهیت هر عنصر وابسته به شکل ذراتش است. به این حساب «آب» می‌بایست از کرات نرم مرکب بوده باشد زیرا به سهولت جاری می‌شود و ذرات «خاک» می‌بایستی مکعبی بوده باشند زیرا خاک سخت و مستحکم است؛ نیز ذرات «آتش» می‌بایست نوك تیز و برنده بوده باشند زیرا آتش آسیب‌رساند. حاصل آنکه **ذیمقراطیس** همهٔ مواد شناخته‌شده را ساختهٔ این گونه ذرات می‌پنداشت.

۳- Abderite

۲- Abdera

۱- Leucippus

ذیمقراطیس این ذرات کوچک را اتم^۱ - نامید و معتقد بود که نه می توان آنها را متلاشی کرد و نه به اجزای کوچکتر تقسیم کرد.

بدبختانه، ارسطو که بانفوذترین فلاسفه قدیم بود، تئوری ذیمقراطیس را به باد تمسخر گرفت و از این گذشته نوشته های ذیمقراطیس از میان رفته بود و نظریاتش فقط بدین عنوان که مورد انتقاد قرار گیرد گاه به وسیله دیگر فلاسفه بازگو می شد.

باهمه این احوال تئوری اتمی از میان نرفت، زیرا ابیقور - ساموسی^۲ از نظریه ذیمقراطیس دفاع کرد و در آخرین قرن پیش از میلاد لوکرسیوس فیلسوف رومی که از ابیقوریان بود در کتاب خود به نام «در ماهیت اشیا» به احیای تئوری اتمی پرداخت. کتاب لوکرسیوس به زبان لاتینی نگاشته شده بود و در تمام طول قرون وسطی همچنان بانفوذ باقی مانده بود. کتاب دیگری نیز که در قرن سوم بوسیله فیلسوفی یونانی به نام هرو^۳ به رشته تحریر درآمده بود نیز چنین بود. این کتاب «در باره» نام داشت و متضمن آزمایشهایی درباره هوا بود، نتیجه آزمایشها با این تئوری که هوا از اتمهای مرکب است، توجیه شده بود.

در قرن هفدهم آزمایشهای بویل این تئوری را تأیید کرد

۲ - Epicurus of Samos

۱ - Atom مشتق از کلمه یونانی «نامرئی»

۳ - Hero

زیرا وی نشان داده بود که حجم مقدار معینی از هوا را می‌توان با افزایش فشار فراوان کاهش داد، و این خود معلوم می‌داشت که هوا از ذراتی ساخته شده که در میان فضای خالی پراکنده‌اند.

نظریه اتمی در قرن هفدهم و هجدهم بیش از پیش جلب توجه کرد. نیوتون نیز به وجود اتم اعتقاد داشت. اما هنگامی وجود اتم به ثبوت رسید که شیمیدانها شروع کردند با روش وزنی، که **لاوازیه** درپیش گرفته بود، مواد را مورد مطالعه قرار دهند.

در سال ۱۷۹۷ **ژوزف لویی پروست**^۱ فرانسوی که در اسپانیا به کار مشغول بود، از وزن کردن مواد مرکب به کشف مهمی نایل آمد. و آن این بود که عنصرها به نسبت‌های مشخص وزنی باهم ترکیب می‌شوند. مثلاً در کربنات مس، که ترکیبی از مس و کربن و اکسیژن است، همیشه نسبت وزن عنصرها عبارت است از پنج مس، چهار اکسیژن، و یک کربن به عبارت دیگر ۵ و ۴ و ۱.

قانون «نسبت‌های مشخص» پروست نخستین تأیید نظریه اتمی بود. اگر ماده از آجرهای ساختمانی نامرئی ساخته شده باشد، همین به بار خواهد آمد، یعنی عنصرها باید به نسبت اعداد صحیح مثل ۵ به ۱ یا ۴ به ۱ باهم ترکیب شوند، نه آنکه به نسبت $\frac{۱}{۴}$ یا $\frac{۱}{۵}$ به ۱ زیرا اتم کسری ندارد.

سپس مشاهده دیگری صورت گرفت که به راستی تئوری اتمی را

تثبیت کرد. شخصی که بدان اقدام کرد و تئوری اتمی را با اصطلاحات قابل فهم عنوان کرد **جان دالتون**^۱ انگلیسی بود.

دالتون در شهر کوچکی از انگلستان معلم بود. وی رغبت بسیاری به علم پیدا کرد و به همهٔ شعب علوم علاقه مند گردید. از میان فعالیت‌های علمی یکی این بود که دستگاهی برای هواشناسی ساخت و به مدت ۴۶ سال هر روز اوضاع هوا را یادداشت کرد و سرانجام نتیجه مطالعاتش را در کتابی منتشر ساخت. این کتاب وی را در زمرهٔ بنیان‌گزاران علم هواشناسی در آورد. از کارهای مهم دیگرش کشف **رنگ کوری**^۲ است که برای بزرگداشت وی به «دالتونیسم» معروف شده است. **دالتون** خود «رنگ کور» بود ولی این نقص جسمی وی را از مطالعات شیمیایی، که به بزرگترین کشفش انجامید، باز نداشته است.

دالتون مطالعات خود را از قانون پروست مربوط به «نسبت‌های مشخص» آغاز کرد. از چیزهایی که بیشتر توجه وی را جلب کرد یکی این بود که دو عنصر تنها به یک صورت با هم ترکیب نمی‌شوند بلکه به‌ترکیب‌های گوناگون می‌دهند مثلاً دو نوع اکسید کربن هست یکی به نام دی‌اکسید کربن (انیدرید کربنیک) و دیگری به نام مونو-اکسید کربن (اکسید کربن). بدیهی است که این دو گاز در آن زمان به این دو نام معروف نبودند). در دی‌اکسید کربن نسبت اکسیژن

به کربن از نظر وزن ۸ به ۳ بود ولی در مونو اکسید کربن به نسبت ۴ به ۳. به عبارت دیگر نسبت اکسیژن در اولی درست دو برابر این نسبت در دومی بود. **دالتون** به این کشف خود نام «قانون نسبتهای مرکب» داد.

اکنون باید دید که «قانون نسبتهای مرکب» یعنی چه؟ و در مورد اکسیدهای کربن، غیر از مسئله ظاهری قضیه یعنی وجود دو اتم اکسیژن و یک اتم کربن در مونو اکسید کربن، چه چیز در میان هست؟

روی این اصل بود که **دالتون** در سال ۱۸۰۳ تئوری اتمی را پیش کشید و برای نخستین بار آن را به صورتی معقول بیان داشت. به نظر **دالتون** هر عنصری اتم مخصوصی دارد و اتمهای عنصرهای مختلف از نظر وزن متفاوتند. و از آنجا که در اکسید دارای یک کربن و یک اکسیژن (یعنی مونو اکسید کربن) وزن دو عنصر به نسبت ۴ و ۴ است، پس وزن اتم کربن باید $\frac{۴}{۴}$ وزن اتم اکسیژن باشد. **دالتون** با این روش وزن نسبی عده‌ای از عنصرها را به دست آورد، و به این نتیجه رسید که تفاوت اساسی میان عنصرهای گوناگون تفاوتی است که در وزن اتمی آنهاست.

تئوری اتمی به صورتی منطقی معلوم ساخت که چرا سرب به طلا یا آهن به کبالت یا هیدروژن به نیتروژن تبدیل نمی‌شود. برای آنکه عنصری به عنصر دیگر تبدیل شود باید اتم دارای وزن معینی را به اتم

صاحب وزن دیگر تبدیل کرد، و این چیزی بود که از قدرت شیمی خارج بود. (فقط دانشمندان فیزیک هسته‌ای قرن بیستم توانستند در این راه توفیق یابند).

دالتون تئوری اتمی خود را در کتابی تحت نام «سیستم نوفلسفه شیمی» به چاپ رسانید. اگرچه «سیستم نو» وی با مقاومت عده‌ای روبه‌رو شد معیناً بسیاری از شیمی‌دانها آن را پذیرفتند.

اکنون جای این سؤال باز می‌شود که چرا از نظریه **دالتون** این همه استقبال شد و حال آنکه **دیمقراطیس** عیناً همین نظریه را هزارها سال پیش عنوان کرده بود، ولی کسی آن را جدی نگرفته بود؟ علت این بود که طرز تفکر دربارهٔ مواد به کلی عوض شده بود. مدت یک قرن و نیم دربارهٔ تفسیر **دالتون** به‌مشاهده و آزمایش پرداختند. چنانکه **دالتون** نشان داد، تئوری اتمی همهٔ مشاهدات و اندازه‌گیریها را به خوبی می‌توانست توجیه کند.

چند نوع «خاک»

کشف عنصرهای نو با سرعت بیشتری دنبال شد، و این سرعت حتی پیش از عنوان شدن تئوری **دالتون** وجود داشت. یکی از فعالترین کاشفان، شیمی‌دانی آلمانی به نام **مارتین هاینریش کلاپروت** (۱۷۴۳-۱۸۱۷) بود. وی مانند **شل** کارش را با شاگردی داروخانه

آغاز کرد ولی شخصیت بزرگی در معدن‌شناسی شد و به‌استادی شیمی دانشگاه برلین منصوب گردید.

در سال ۱۸۷۹، یعنی سالی که کتاب **لاوازیه** انتشار یافته بود، **کلاپروت** درباره کانی سیاه و سنگینی که در یکی از معادن بوهم یافته بود تحقیق می‌کرد. وی کانی را در اسید قوی حل کرد و سپس اسید را خنثی نمود. پودر زرد رنگی ته‌نشین شد. **کلاپروت** رسوب را اکسید یک‌فلز نوگمان کرد و گمانش کاملاً درست بود.

وی به‌تبعیت از نامگذاری کیمیاگران که نام سیارات را بر عنصرها می‌گذاشتند، نام اورانوس را برای فلز اختیار کرد. این سیاره درست هشت سال پیش از آن کشف شده بود. پس فلز «اورانیوم» نامیده شد. در همان سال اکسید فلز نو دیگری را از سنگی که تا حدی قیمتی بود وزیر کون^۱ نامیده می‌شد، کشف کرد و این عنصر را «زیرکونیوم» نامید.^۲

کلاپروت، به‌هیچ‌وجه مایل نبود که از کار دیگران برای شهرت خود استفاده کند. روی این اصل در سال ۱۷۸۲ اظهار داشت که **فرانز جوزف مولر** عنصر نوی کشف کرده است که به فراموشی سپرده

۱ - Zircon

۲- عموماً کسی را کشف عنصری می‌شناسند که توانسته باشد آن عنصر را به‌حالت خلوص به‌دست آورد. بارها اتفاق افتاده است که کسانی اکسیدهای خالصی را به‌دست آورده‌اند و نشان داده‌اند که باید محتوی عنصر جدیدی باشد. کلاپروت هرگز موفق نشد زیرکونیوم و اورانیوم را به‌حالت خلوص به‌دست آورد (اگرچه گمان می‌کرد که به‌دست آورده است). این دو فلز در قرن بیستم به‌حالت خلوص به‌دست آمده‌اند.

شده و نامی برای آن تعیین نشده است (به فصل ۵ مراجعه شود) پس با جلب توجه دانشمندان آن را **تلوریوم**^۱ «به معنی زمین» نامید. ولی در این اصرار داشت که افتخار کشف این عنصر از آن **موئر** است.

کلاپروت نظیر همین عمل را در باره کشیشی انگلیسی به نام **ویلیام گرگور**^۲ انجام داد. **گرگور** در سال ۱۷۹۱ اکسید فلز نوی را در ماسه سیاه پیدا کرده بود. کشف **گرگور** تا وقتی ناشناخته ماند که **کلاپروت** بدان توجه یافت. وی این عنصر را «تیتانیوم»^۳ نامید و **گرگور** را کاشف آن معرفی کرد.

تقوی بی پاداش نمی ماند. **لاوازیه** که بسیار مایل بود به عنوان کاشف عنصر شناخته شود، هرگز به افتخار کشف عنصری نایل نشد، و حال آنکه **کلاپروت** که همواره کوشش می کرد کشف دیگران را به خود نسبت ندهد، غالباً به عنوان کاشف «تلوریوم» و «تیتانیوم» نامبرده می شود.

اکسیدهای اورانیوم و زیر کونیوم و تلوریوم را «خاک» می نامیدند زیرا در آب غیر محلول بودند و بر اثر حرارت تغییر نمی یافتند. در سال ۱۷۹۷ «خاک» نوجالبی دریکی از کانیهایی که از سنگ معدنی در شهر «ایتر بی»^۴ سوئد به دست آمده بود کشف گردید. این خاک به دست شیمی دانی فنلاندی به نام **یوهان گادولین**^۵ افتاد. وی یکی

۱ - Tellurium ۲ - William Gregor

۳ - Titans - مشتق از کلمه Titanium افسانه یونانی ۴ - Ytterby

۵ - Johan Gadolin

از شاگردان بر گمان بود (به فصل ۵ مراجعه شود.) گادولین این کانی را ایتریوم (منسوب به شهر ایترمی) نامید. گادولین کاشف «ایتریوم» شناخته شد.

این «خاک» نو بسیار کمیاب بود، پس «خاک کمیاب» نامیده شد. چیزی نگذشت که «خاک کمیاب» دیگری نیز کشف کردند.

پسر ۱۵ ساله‌ای سوئدی به نام ویلهلم هیزینگر^۱ کانی جالبی در ملک پدرش یافت و آن را برای شل فرستاد تا تجزیه کند. شل بد طالع، چیزی غیر عادی در آن نیافت ولی هیزینگر که بسیار بدان توجه داشت، سرانجام در ۳۷ سالگی عنصر نوی در آن یافت. این عنصر به «سریوم»^۲ موسوم شد. نام سریوم از خرده سیاره‌ای که سروس^۳ نام داشت و در سال ۱۸۰۱ کشف شده بود گرفته شده است.

در سال ۱۷۹۸ شیمیدانی فرانسوی به نام لوئی نیکولا وکلن^۴ مشغول تجزیه کانی بود که در سیبری کشف شده بود. وی از این کانی ترکیباتی تهیه کرد که به رنگ قرمز و زرد وزیبا بودند. و هنگامی که بعضی مواد بدانها می‌افزود رنگ سبز شفاف پیدا می‌کردند. وکلن از این مواد اکسید فلز نوی به دست آورد و بر اثر حرارت دادن با ذغال چوب توانست خود فلز را به حالت خلوص تهیه کند. وی فلز را «کرومیوم»^۵ نامید. این نام از کلمه یونانی رنگ گرفته شده است.

۱ - Wilhelm Hisinger ۲ - Cerium ۳ - Cerus
۴ - Louis Nicolas Vauquelin ۵ - Cromium

سال بعد **وکلن** اکسید فلز دیگری را در کانی نسبتاً قیمتی به نام «بریل»^۱ کشف کرد. این فلز به نام «بریلیوم» معروف شد. در همین ایام بود که عنصر نوبی در امریکا کشف شد. پیش از انقلاب، حاکم کلنی، کانی غیرعادی را که در کنکتیکوت^۲ پیدا شده بود به لندن فرستاد. در سال ۱۸۰۱ یک شیمیدان انگلیسی به نام **چارلز هاچت**^۳ تکه‌ای از آن را برداشت و تجزیه کرد. نتیجه این بود که فلز نوبی در آن کانی هست و نام آن را «کلومیوم»^۴ گذاشت. این نام از کنیه شاعرانه ملت جدید ایالات متحده اشتقاق یافته است. چند سال بعد شیمیدانی انگلیسی موسوم به **ویلیام هاید والاستون**^۵، پس از تجزیه تکه دیگری از همین کانی اعلام داشت عنصری که به وسیله شیمیدان سوئدی **آندرس گوستاو اکبرگ**^۶ کشف شد و به مناسبت تانتالوس یکی از چهره‌های افسانه‌های قدیمی یونان، «تانتالوم»^۷ نامیده شده، همان «کلومیوم» است.

به این دعوا هنگامی خاتمه داده شد که در سال ۱۸۴۶ شیمیدانی آلمانی به نام **هاینریش روزه**^۸ معلوم ساخت که **هاچت** حق داشت و **والاستون** در اشتباه بود. «کلومیوم» بسیار شبیه «تانتالوم» بود ولی این دو فلز یکسان نبودند. روی اصل شباهت «کلومیوم» به «تانتالوم»

۱ - Beryl ۲ - Connecticut ۳ - Charles Hatchett

۴ - Colombium ۵ - William Hide Wallaston

۶ - Anders Gustav Ekeberg ۷ - Tantalum

۸ - Heinrich Rose

روزه آن را «نیوبیوم»^۱ نامید و این نام را از «نیوبه»^۲ دختر تانتالوس گرفت. سالها بود که اروپاییان این فلز را «نیوبیوم» می نامیدند ولی امریکائیا آن را «کلومبیوم» می خواندند، سرانجام نام رسمی این فلز «نیوبیوم» شد.

والاستون در نتیجه چند کشف مهم اشتباهی را که مرتکب شده بود جبران کرد. وی تمایل زیادی به آزمایش کانیهای پلاتین، که فلز جالبی است، نشان می داد. پلاتین مانند طلا «فلزی اصیل» بود، بدین معنی که بدشواری با دیگر مواد ترکیب می شد و روی این اصل نه تیره و تار می شد و نه زنگ می زد، و گرچه به زیبایی طلا نیست، ولی از آن نادرتر و گرانتر بود.

پلاتین مانند طلا در تیزاب حل می شد ولی معلوم شد که بعضی از ناخالصیهای کانی پلاتین نیز به همراه آن در تیزاب حل می شوند. **والاستون** توانست این ناخالصیها را جداسازد و در سال ۱۸۰۳ به کشف دو فلز سبکتر نایل آید که خصوصیات پلاتین را داشتند ولی مانند آن «اصیل» نبودند. وی این دو فلز را «پالادیوم»^۳ و «رودیوم»^۴ نامید. «پالادیوم» منسوب به شبه سیاره پالاس^۵ که به تازگی کشف شده بود و «رودیوم» از کلمه یونانی به معنی «قرمز گل سرخی» گرفته شده بود زیرا ترکیباتش به همین رنگ بودند.

Rhodium -۴

Palladium -۳

Niobe -۲

Niobium -۱

Pallas -۵

جدول ۵

عنصرهایی که در زمان « دالتون » کشف شدند

عنصر	سال کشف	کاشف
اورانیوم	۱۷۸۹	کلاپروت
زیر کونیوم	۱۷۸۹	کلاپروت
تیتانیوم	۱۷۹۱	گرگور
ایتريوم	۱۷۹۴	گادولین
بریلیوم	۱۷۹۸	وکلن
کرومیوم	۱۷۹۸	وکلن
نیوبیوم (کولومبیوم)	۱۸۰۱	هاچت
تانتالوم	۱۸۰۲	اکبرگ
رودیوم	۱۸۰۳	والاستون
پالادیوم	۱۸۰۳	والاستون
سریوم	۱۸۰۳	هیزینگر
اوسمیوم	۱۸۰۴	تنانت
ایریدیوم	۱۸۰۴	تنانت

شیمیدان انگلیسی دیگری به نام اسمیتسون تنانت^۱ دوفلز

دیگر همراه پلاتین کشف کرد. (والاستون مدتی به‌عنوان دستیار با **تناات** کار کرده بود). این دو فلز به «اصالت» پلانیین نبودند. در تیزاب حل نمی‌شدند. **تناات** این دو فلز را اوسمیوم^۱ و ایریدیوم^۲ نامید. کلمه «اوسمیوم» از کلمه یونانی «بو» مشتق شده است زیرا یکی از ترکیبات این عنصر بوی نامطبوع داشت. «ایریدیوم» همه از کلمه یونانی «رنگین کمان» اشتقاق یافته است زیرا ترکیباتش رنگارنگند.

خلاصه این فصل در جدول شماره ۵ آورده شده و آنچه عنصر در جدول نموده شده از کشفیات اواخر قرن هیجدهم و اوایل قرن نوزدهم است.

کشفیاتی که به کمک الکتروسیته صورت گرفته‌اند

جدول ۳۳ عنصری که لاوازیه ترتیب داده بود، موادی را حاوی بود که به نظر شیمیدانها مواد مرکب بودند نه عنصر. این مواد عبارت بودند از: «آهک زنده»، «منیزی»، «باریت»، «آلومین» و «سیلیس».

وجه تسمیه این مواد به قرار زیر است. «آهک زنده» از کلمه‌ای انگلیسی است که معادل رومی آن Colx بود و از حرارت دادن سنگ آهک به دست می‌آید. «منیزی» به نام شهری از یونان منسوب است که نخستین بار از آنجا یافته شده است. «باریت» که از یک کانی سنگین وزن به دست می‌آید، از کلمه یونانی سنگین گرفته شده است. نام «آلومین» از کانی به نام آلومن^۲ گرفته شده و «سیلیس» از سنگ چخماق، که در زبان رومی^۳ است اشتقاق یافته است.

لاوازیه از این نظر این مواد را عنصر می‌پنداشت که به کمک حرارت ذغال چوب تجزیه نمی‌شدند، ولی دیگر شیمیدانها این مواد را اکسید می‌پنداشتند و در پی یافتن راهی برای جدا ساختن اکسیژن از آنها و به دست آوردن عنصرهای سازنده آنها بودند و سرانجام راه تجزیه را یافتند و آن «الکتریسته» بود.

در آن زمان الکتریسته يك اسباب بازی بسیار جالب و متداول بود. **بنیامین فرانکلین** الکتریسته را به کمک باد بادک‌معروفش از ابر رعدزایی به دست آورد **الساندرو ولتا** **ایتالیایی**^۱ باطری الکتریکی را (در سال ۱۸۰۰) اختراع کرد. خبر این اختراع به سرعت برق در جهان علم انتشار یافت.

در انگلستان دانشمندی به نام **ویلیام نیکولسون**^۲ و دوست جوانش **آنتونی کارلیسل**^۳ بلافاصله دست به آزمایشهای الکتریکی زدند. این دو دانشمند دو الکترود يك باطری را به آبی که قدری اسید داشت مربوط ساختند و دیدند که عبور جریان الکتریسته از آب موجب تولید حبابهایی در هر دو الکترود می‌شود. گازی که در يك الکترود جمع می‌شد اکسیژن بود و گاز اطراف الکترود دیگر هیدروژن. حاصل آنکه الکتریسته آب را به اکسیژن و هیدروژن تجزیه کرد و نسبت حجم این دو گاز به نسبت يك اکسیژن به دو هیدروژن بود. (**دالتون**، در پروراندن تئوری اتمی خود مرتکب این اشتباه شد که

آب را مرکب از يك اتم هیدروژن و يك اتم اکسیژن پنداشت و روی همین اصل بسیاری از اوزان اتمی وی غلط از آب درآمدند. آزمایش نیکولسون - کارلیسل نشان داد که الکتريسته می-تواند عنصرهای يك ماده مرکب را از هم جدا سازد. این آزمایش نتایج بزرگی به بار آورده است.

دیوی توفیق یافت

دو شیمی دان جوان این راه را افتتاح کردند. این دوشیمی دان یاکوب برزلیوس^۱ سوئدی (۱۸۴۸ - ۱۷۷۹) و همفری دیوی^۲ انگلیسی (۱۸۲۹ - ۱۷۷۸) بودند.

برزلیوس که تحت سرپرستی ناپدیری خود بزرگ شده بود، کودکی پررنجی داشت، به مدرسه پزشکی رفت و از آنجا فارغ التحصیل شد، ولی علاقه زیادی به مطالعات پزشکی نداشت. تنها چیز مورد توجهش آزمایشهای شیمیایی بود. وی تحت رهبری معلمش (که برادر زاده برگمان بزرگ بود) در این رشته به کار پرداخت و مهم ترین شیمی دان عصر خودش.

برزلیوس در سال ۱۸۰۸ کتابی در شیمی منتشر ساخت که جای کتاب لاوازیه را گرفت و مرجع معتبری در باره شیمی شد. در حدود سی سال، سالنامه‌ای متضمن پیشرفت‌های شیمی منتشر ساخت. استاد

برزلیوس محافظه کار در سالهای آخر عمرش با آنکه در شیمی ارشدیت داشت، در غالب مباحثاتی که بر سر تئوریهای نو در می گرفت مغلوب می شد. اما غلط یا درست، وی در تمام طول عمر خود یکی از محرکهای بسیار قوی جهان شیمی بود.

یکی از نخستین کارهایش این بود که، پس از تکرار آزمایش نیکولسون-کارلیسل عنصرها را دارای بار الکتریکی معرفی کرد. و از اینجا تئوری از واکنشهای شیمیایی عنوان کرد که مورد قبول همه واقع شد ولی غلط بود. اما فکر اینکه اتمها بار الکتریکی دارند قریب یک قرن بعد درست از آب درآمد.

همفری دیوی نیز در کودکی با فقر زندگی کرد و مانند بسیاری از شیمی دانهای زمان خود، کار را از شاگرد داروسازی آغاز کرد. وقتی که کتاب **لاوازیه** را خواند به شیمی علاقه مند شد. در سال ۱۷۹۹، هنگامی که ۲۱ ساله بود دفعه‌تاً مشهور شد زیرا چیزی کشف کرده بود که به «گاز خنده آور» معروف شده بود.

این گاز «اکسید دازت» و از دو اتم نیتروژن و یک اتم اکسیژن مرکب بود. همین که **دیوی** به تهیه این گاز توفیق یافت، معلوم شد که خواص شگفت انگیزی دارد. کسی که از این گاز تنفس می کرد کنترل خود را از دست می داد و به حالات هیجانی گوناگون دچار می شد: می خندید، فریاد می زد و چون دیوانگان رفتار می کرد. تنفس این گاز به صورت نوعی سرگرمی درآمده بود. (پزشکان سالها بعد

آن را به عنوان داروی بیهوشی برای کشیدن دندان یا جراحیهای کوچک به کار می بردند).

دیوی در پرتو این کشف از سخنرانان معروف شیمی شد. علم با سرعت در اشاعه بود. ماشین جدید بخار و هوا کردن بالنها موضوعات روز بودند، همچنانکه راهها و اقامار مصنوعی در حال حاضر از موضوعات روزند. **دیوی** مردی خوش قیافه و خوش اندام بود و بسیار گرم و دلنشین صحبت می کرد. در ترتیب دادن نمایشات مربوط به الکتریسته و دیگر عجایب علم جدید مهارتی بسزا داشت. مردم برای استماع سخنانش ازدحام فراوان می کردند.

ولی دیوی به کار در آزمایشگاه بیش از سخنرانی علاقه مند بود. و اما مسئله استفاده از الکتریسته در تجزیه مواد مرکبی که ترکیب با ثبات داشتند و شیمیدانها موفق به جدا شدن آنها نمی شدند، چه بود؟

دیوی ابتدا ماده ای را که به «پتاش» («کربنات پتاسیم») معروف بود مورد آزمایش قرار داد. پتاش خاکستری بیش نبود و از سوزاندن بعضی از گیاهان و ریختن خاکستر حاصل در آب به دست می آمد. **دیوی** کار را بدین صورت آغاز کرد که جریان الکتریسته را از محلول پتاش عبور داد. آنچه به دست آمد اکسیژن و هیدروژنی بود که از تجزیه آب تولید شده بود. پس به فکر افتاد که

این آزمایش را بدون آب انجام دهد. وی برای این کار کمی پتاش خشك را ذوب کرد و جریان برق را از آن عبور داد. برای این کار ناگزیر شد باطریهای بزرگی بسازد که جریانهایی بسیار قویتر از جریان باطری ولتا به وجود آورد.

به محض آغاز آزمایش، کرات كوچك بر اقی در یکی از الکترود های پلاتینی ظاهر شدند. دیوی اطمینان داشت که این ماده فلزی يك عنصر جدید است. وی آن را پتاسیم (مشتق از پتاش) نامید. دیوی پتاسیم را فلزی یافت که از نظر شیمیایی بسیار فعال بود و با هر ماده ای میل ترکیبی داشت. مثلاً وقتی که در آب قرار می گرفت چنان با اتمهای اکسیژن ترکیب می شد و هیدروژن را با چنان انرژی آزاد می ساخت که این گاز آتش می گرفت.

چند روز بعد همین کار را با «سودا»^۱ انجام داد. سودا نیز از سوختن گیاهان به دست می آمد. وی از سودا سدیم را، که عنصری شبیه پتاسیم بود به دست آورد.

اعراب «سودا» و «پتاش» را قبلاً «الکیلی» نامگذاری کرده بودند (الکیلی به معنی خاک کستراست) و به همین جهت است که به این مواد «قلیایی»^۲ می گفتند و پتاسیم و سدیم را فلزات قلیایی می نامند. پس از آنکه دیوی این عناصر را به حالت خلوص به دست آورد به فکر افتاد که بعضی از «عصرهای «لاوازیه» را تجزیه کند و کار

خود را با تجزیه «آهک زنده» آغاز کرد. وی در آغاز از این کار نتیجه‌ای به دست نیاورد. ولی **برزیوس** چاره این کار را اندیشیده بود. وی توجه یافته بود که وقتی ترکیبی از جیوه را به آهک زنده یا باریت می‌افزایند و جریان الکتریسیته از آن عبور می‌دهند «ملقمه» ای از جیوه و یک فلز دیگر به دست می‌آید. **برزیوس** نتایجی را که از آزمایشهای خود گرفته بود به **دیوی** نوشت. این نوشته اطلاعاتی اضافی در اختیار **دیوی** گذاشت. وی ملقمه‌ای ساخت و آن را به شدت حرارت داد.

نیرنگ دیوی به نتیجه رسید. وی توانست از ملقمه حاصل از آهک زنده فلزی به دست آورد که نامش را «کلسیم» گذاشت. نیز از باریت «باریم» به دست آورد، و از منیزی «منیزیم» استخراج کرد. **دیوی** همین عمل را با کانی که به مناسب شهر کوچک اسکاتلند استرونیسیان^۱ نامیده شده بود انجام داد و از آن عنصر فلزی نو دیگری به نام «استرونیوم» به دست آورد.

همه این عناصر را اکنون «فلزات قلیایی خاکی» می‌نامند.

دیوی پیروز می‌شود و شکست می‌خورد

دیوی را می‌توان با کشف دو عنصر دیگر نیز مربوط دانست. وی در سال ۱۸۱۰ آزمایشهایی ترتیب داد که نشان می‌دادند گاز سبزی

که شل از اسید کلریدریک به دست آورده، به خلاف تصور او یک عنصر است نه یک ماده مرکب. دیوی این گاز را «کلر»^۱ نامید زیرا سبزرنگ بود. ولی برزلیوس و شیمی دان فرانسوی ژوزف لویی گیلوساک^۲ و لویی ژاک تنار^۳ سالها منکر عنصر بودن کلر بودند. اما کوششهای گیلوساک و تنار برای تجزیه کلر به مواد ساده تر به جایی نرسید. (گیلوساک در سال ۱۸۰۴ با بالنی قریب ۵ ر ۶ کیلومتر به هوا صعود کرد تا ترکیب هوا را در ارتفاعات پیدا کند. وی یکی از مهمترین دانشمندانی بود که سفر به فضا را آغاز کرده است).

سرانجام مسئله به طریق غیر مستقیم و در نتیجه کشف عنصری شبیه «کلر» به وسیله شیمی دان فرانسوی برنار کورتوا^۴ حل شد. کورتوا با خاکستری به آزمایش پرداخته بود که از سوزاندن جلبکهای دریایی تولید می شد و منبع سرشاری از پتاسیم و سدیم بود. وی هنگامی که اسید قوی روی خاکستر ریخت تا ترکیبات گوگردی آن را جدا سازد متوجه شد که گاز بنفش رنگی متصاعد می شود. این گاز پس از سرد شدن به بلورهای تیره رنگی که ماده نوری به نظر می رسید تبدیل شد. کورتوا این ماده را عنصر شناخت و آن را «ید»^۵ نامید. این نام از کلمه یونانی «بنفش» گرفته شده است.

«ید» از نظر خواص شیمیایی بسیار شبیه «کلر» بود، پس اگر

۱ - Chlorine ۲ - J. Lous Gay-Lussac

۳ - L. Jacques Thenard ۴ - Bernard Courtois ۵ - Iodine

«ید» عنصر بود به احتمال قوی «کلر» هم می‌بایست عنصر بوده باشد. این استدلال برزلیوس را متقاعد ساخت.

در سال ۱۸۲۶ کشف دیگری به عمل آمد که به قطعیت مسئله کمک کرد، شیمی‌دانی فرانسوی به نام آنتوان ژروم بالار^۱ درحینی که نمکهای حاصل از ته‌نشین شدن آب دریا را مطالعه می‌کرد، مشاهده کرد که افزودن بعضی از مواد این نمکها را قهوه‌ای می‌کند. وی رنگ قهوه‌ای را مورد آزمایش قرار داد و آن را عنصر نوی یافت که بوی زننده نامطبوعی داشت. بالار آن را «بروم»^۲ نامید. این نام از کلمه «بوی بد» گرفته شده است.

«بروم» و «ید» و «کلر» ترکیبات مشابه تولید می‌کنند. مثلاً نمکهای «بروم» و «ید» بسیار شبیه کلرور سدیم (نمک طعام) هستند و به همین جهت است که هر سه عنصر را «هالوژن»^۳ نامیده‌اند.

ولی گیلوساک و تنار در جدال دیگری بر دیوی پیروز شدند. سالها بود که شیمی‌دانها می‌کوشیدند از «بورا کس»^۴ عنصر نوی جدا کنند. لاوازیه اطمینان داشت که «اسید بوریك» دارای چنین عنصری هست و در جدولی که ترتیب داده بود آن را «ریشه بوریك» نامید. در سال ۱۸۰۸ گیلوساک و تنار تصمیم گرفتند که این عنصر را پیدا کنند و از دیوی پیش بیفتند.

۱ - Antoine Jérôme Balard

۲ - Bromine

۳ - Halogens مشتق از کلمه یونانی «نمک‌ساز»

۴ - Borax

دیوی نشان داده بود که اتمهای پتاسیم با اکسیژن ترکیب با ثباتی می‌دهند. پس میل ترکیبی پتاسیم با اکسیژن باید بیشتر از میل ترکیبی کربن با اکسیژن باشد و به همین جهت بود که وقتی «پتاش» را با ذغال حرارت می‌دادند پتاسیم از اکسیژن جدا نمی‌شد. بنابراین گیلوساک و تنار کوشیدند که اسیدبوریک را با پتاسیم حرارت دهند به این امید که چون پتاسیم میل ترکیبی زیاد با اکسیژن دارد، پس اکسیژنی را، که کربن قادر نیست از ماده‌ای جدا سازد، جدا خواهد ساخت. (ناپلئون بناپارت، برای پیشرفت کار گیلوساک و تنار بودجه کافی داده بود. زیرا می‌خواست که فرانسه در کسب افتخارات علمی از انگلستان، که با فرانسه در حال جنگ بود، پیش بیفتد. چنانکه می‌بینید رقابت‌های علمی میان ملل به منظوره‌ای تبلیغاتی مسئله‌ای تازه و خاص عصر ما نیست).

دو دانشمند فرانسوی پیروز شدند و از آزمایش‌های خود عنصر نوی به نام «بور» به دست آوردند. دیوی خود مستقلاً با همین نیرنگ به تجزیه اسیدبوریک مشغول بود، حتی موفق به جدا ساختن «بور» شد اما درست نه‌روز بعد از آنکه گیلوساک و تنار نتیجه آزمایش‌های خود را اعلام داشتند.

برزلیوس به جویندگان عنصر می پیوندد

در همین اوان برزلیوس هم به جویندگان عنصر پیوست و نزدیک بود که چند عنصری بیابد ولی دیوی با کشف «باریم»^۱ و «کلسیم»^۲ او را شکست داد. برزلیوس مدتی با همیزینگر به کار پرداخت و با هم تا سرحد کشف «سریوم»^۳ رسیدند ولی همیزینگر خود به تنهایی کمی بعد آن را کشف کرد. یکی از شاگردان برزلیوس به نام یوهان اوگوست آرفودسن^۴ نیز شخصاً عنصری کشف کرد. وی به این نتیجه رسیده بود که در بعضی از کانیهای سوئد فلزی هست که از نظر شیمیایی بسیار فعال و همانند فلزات قلیایی است (سدیم و پتاسیم) که در گیاهان پیدا شده است، و آن را «لیتیوم»^۵ نامید. این نام از کلمه لاتینی «سنگ» گرفته شده است. آرفودسن موفق نشد آن را به حالت خلوص به دست آورد ولی کمی بعد دیوی موفق به تهیه آن شد.

در سال ۱۸۱۷، یعنی همان سالی که آرفودسن «لیتیوم» را پیدا کرد یکی از شاگردان وکلین، شیمی دانی به نام فردریش اشترومیر^۶ فلز نوی شبیه «روی» از کانی به نام کادمیا^۷ به دست آورد و آن را «کادمیوم» نامید.

سرانجام برزلیوس شخصاً به کشف چند عنصر نو موفق شد. توفیق وی بسیار محتمل بود زیرا وی از هر چمن گلی چیده بود و بسیار

۱ - Barium ۲ - Calcium ۳ - Cerium
 ۴ - Johan August Arfvedson ۵ - Lithium
 ۶ - F. Stromeyer ۷ - Cadmia

به هدف نزدیک بود. در سال ۱۸۱۸ موعی که مشغول تجزیه نمونه‌ای از اسید سولفوریک بود که در شهری از سوئد تهیه شده بود، ناخالصی در آن یافت که فلزی نو به نظرش آمد. ابتدا گمان کرد که ناخالصی «تلوریوم» است ولی پس از آنکه آن را به حالت خلوص به دست آورد معلوم شد که غیر از «تلوریوم» است ولی بدان شباهت دارد. چون نام «تلوریوم» را به معنی زمین گرفتند، برزیلیوس این عنصر جدید را به نام «ماه» در زبان لاتینی، یعنی «سلنیوم»^۱ نامید.

برزیلیوس در سال ۱۸۲۴ «سیلیس» را مورد تفحص قرار داد. «سیلیس» یکی از خاکهای جدول **لاوازیه** بود که دیوی نتوانسته بود آن را تجزیه کند. وی با دنبال کردن روش **گیلوساک** و **تنار سیلیس** را با پتاسیم حرارت داد و موفق شد که عنصر «سیلیسیوم»^۲ را به حالت خلوص به دست آورد.

تنها خاکی که از جدول **لاوازیه** تجزیه نشده باقی مانده بود، آلومین بود. دیوی و برزیلیوس کوشش کردند که آن را به کمک الکتریسیته تجزیه کنند ولی توفیق نیافتند. اما در سال ۱۸۲۷ یکی از شاگردان برزیلیوس به نام **فردریش وهلر**^۳ توانست مقدار کمی از فلز را، اگر چه ناخالص بود، از اکسید به دست آورد. بدیهی است که این فلز «آلومینیوم» بود. برای تهیه آلومینیوم خالص به مقدار زیاد تا سال ۱۸۸۶ یعنی چهار سال پس از مرگ **وهلر** روش الکتریکی ابداع

جدول ۶

عنصرهایی که در زمان دیوی و برزیوس کشف شده اند

کشف	سال کشف	عنصر
دیوی	۱۸۰۷	پتاسیم
دیوی	۱۸۰۷	سدیم
دیوی	۱۸۰۸	منیزیوم
دیوی	۱۸۰۸	کلسیم
دیوی	۱۸۰۸	استرونیوم
دیوی	۱۸۰۸	باریوم
گیلوساک - تنار	۱۸۰۸	بور
کورتوا	۱۸۱۱	ید
آرفودسن	۱۸۱۷	لیتیوم
اشترومیر	۱۸۱۷	کادمیوم
برزیوس	۱۸۱۸	سلنیوم
برزیوس	۱۸۲۴	سیلیس
بالار	۱۸۲۶	بروم
وهلر	۱۸۲۷	آلومینیوم
برزیوس	۱۸۲۹	توریوم
زف اشتروم	۱۸۳۰	وانادیوم

نشده بود.

برزلیوس عنصر سومی به صورت اسامی عنصرهایی که کشف کرده بود افزود. در سال ۱۸۲۹ کَشیشی نروژی کانی برای وی ارسال داشت. برزلیوس در این کانی فلزی یافت و آن را «توریوم»^۱ نامید این نام از نام خدایی به نام Thor که در زبان قدیمی نروژی بوده گرفته شده است.

یک سال بعد شاگرد برزلیوس به نام نیلس گابریل زف اشتروم^۲ در یک کانی محتوی آهن فلز دیگری کشف کرد. وی نیز نام آن را از زبان نروژی گرفت. و نام رب النوع «وانادیس» را برای آن اختیار کرد و به همین مناسبت فلز را «وانادیوم»^۳ نامید.

در جدول شماره ۶ عنصرهایی نام برده شده اند که در ربع قرن تحت سلطه دیوی و برزلیوس کشف شده اند.

علامات اختصاری و اوزان

در سال ۱۸۳۰ برای پرسش تالس که: «جهان از چه ساخته شده است»، خرمی از پاسخهای گیج کننده وجود داشت. شیمی دانها در جستجوی ماده‌ای بودند که ساختمان جهان با آن پی ریزی شده است، ولی ۴۵ عنصر گوناگون یافتند! تازه معلوم نبود که چند عنصر دیگر در آینده کشف می‌شود. شیمی صورت جنگل انبوهی پیدا کرده بود.

با وجود این همه عنصر و تعداد زیادی مواد مرکب که با آن عنصرها ساخته می‌شدند، شیمی دانها ناگزیر بودند که برای نامیدن آنها سیستم خلاصه نویسی بیندیشند، در غیر این صورت در کلاف سردر گم نامهای پرطول و تفصیل سرگردان می‌شدند.

اگرچه کیمیاگران علامات اختصاری برای عنصرهای خود اختراع کرده بودند، این علامات که از احکام نجوم گرفته شده بودند،

مرموز بودند و شیمی را از اسرار آمیزتر جلوه گر می ساختند. مثلاً علامت طلا \odot و از نقره « واز مس \ominus و از آهن \circ بود.

در قرن هجدهم **اتین فرانسوا ژوفر** برای عنصرها و مواد مرکب علامات اختصاری مرموزتر اندیشید. مثلاً تاج کوچکی برای «آنتیموان» مثلث کوچکی که رأسش به طرف بالا بود برای «گوگرد» صلیبی با چهار نقطه برای «سرکه» و برای این قیاس.

این نوع زبان شیمیایی نامفهوم و به خاطر سپردنش دشوار بود. هنگامی که **دالتون** تئوری اتمی خود را پیشنهاد کرد (و اتمها را به صورت کرات کوچک شناساند) برای ساده کردن چیزها کوشش کرد که هر عنصر را بایک دایره نشاندار بنمایاند. مثلاً اکسیژن دایره‌ای سفید بود، کربن دایره‌ای سیاه و هیدروژن دایره سفیدی که در وسط نقطه‌ای داشت و نیتروژن دایره‌ای بود که یک قطر عمودی داشت، برای سایر عنصرها حرفی درون دایره داشتند: مانند S برای گوگرد و G برای طلا و برای این قیاس.

کسی که سرانجام سیستمی منطقی برای وضع علامات اختصاری ابداع کرد **برزلیوس** بود. وی به این فکر افتاد که «چرا حرف اول هر عنصر را علامت اختصاری آن نکنیم؟» (وقتی که متوجه شد از این نظر تفاوت‌هایی در زبانهای مختلف هست مثلاً نیتروژن در انگلیسی «نیتروژن» ولی در فرانسه «ازت» و در آلمانی «اشتیک اشتوف» بود،

پس نامهای لاتینی را به عنوان زبان جهانی برگزید. خوشبختانه برای کسانی که به انگلیسی تکلم می کنند، بیشتر نامهای انگلیسی و حرف اول عنصرها با لاتین یکسان است).

بنابراین اکسیژن O و هیدروژن H و نیتروژن N و کربن C شد و برای قیاس. در مواردی که عنصرها حرف اولشان یکسان بود، برای جلوگیری از اشتباه حرف دوم کلمه هم بدان افزوده شد مانند Ca برای کلسیم و Cd برای کادمیوم و Cl برای کلر.

علامات اختصاری نو ترکیب هر ماده مرکب را به سهولت نشان می دادند. مثلاً CO_2 (دی اکسید کربن = انیدرید کربنیک) نشان می دهد که در مولکولش یک اتم کربن و دو اتم اکسیژن هست. به همین روش H_2O و NH_3 و $CaSO_4$ و دیگر علامات نظیر آنها به سهولت خوانده می شوند و ماده مرکب را می شناسانند.

طبیعی است که سیستم منطقی **برزلیوس** به زودی پذیرفته شد و برای همیشه باقی ماند.

در جدولهای ۸۷ و ۸۶ صورت اسامی ۵۴ عنصری را که در سال ۱۸۳۰ می شناختند با علامات اختصاری آنها نشان داده ام. علت اینکه عنصرها را در دو جدول آورده ام این است که معلوم شود بعضی از علامات (جدول ۸) از نامهای لاتینی است که با انگلیسی مطابقت ندارند. مثلاً Na که برای سدیم تعیین شده از کلمه Natrium لاتینی و Au که برای طلا معین شده از Aurum و Fe که برای آهن برگزیده شده

از Ferrum است و برای این قیاس.

تعیین وزن اتمها

علم شیمی دین بزرگ دیگری به برزلیوس دارد. وی پس از آنکه زبانی برای عناصرها وضع کرد، برای تعیین وزن اتمی آنها بر اساسی محکم نیز اقدام کرد.

جدول ۷

علامات اختصاری عناصرها

عناصر	علامت اختصاری	عناصر	علامت اختصاری
آلومینیوم	Al	نیوبیوم	Nb
ارسنیک	As	نیتروژن	N
باریوم	Ba	اوسمیوم	Os
بریلیوم	Be	اکسیژن	O
بیسموت	Bi	پالادیوم	Pd
بور	B	فسفر	P
برم	Br	پلاتین	Pt
کادمیوم	Cd	رودیوم	Rh
کلسیم	Ca	سلنیوم	Se
کربن	C	سیلیسیوم	Si

بقیه جدول ۷:

عناصر	علامت اختصاری	عناصر	علامت اختصاری
Sr	استرونیوم	Ce	سریوم
S	گوگرد	Cl	کلر
Ta	تانالوم	Cr	کروم
Te	تلوریوم	Co	کبالت
Th	توریوم	H	هیدروژن
Ti	تیتانوم	I	ید
U	اورانیوم	Ir	ایریدیوم
V	وانادیوم	Li	لیتیوم
Y	ایتريوم	Mg	منیزیوم
Zn	روی	Mn	منگنز
Zr	زیرکونیوم	Mo	مولیبدنوم
		Ni	نیکل

دالتون کوشش کرده بود که اوزان اتمی عناصر را بیابد ولی بسیاری از آنها غلط از آب درآمدند. زیرا کارهایش از روی مهارت صورت نمی گرفتند. **برزلیوس** سالهای متمادی رنج تجزیه هزارها ماده مر کب را تحمل کرد و بادقتی تمام تعیین کرد که هر ماده مر کب چه مقدار از هر عنصر دارد و سرانجام وزن اتمی هیدروژن را استانده^۱

اوزان نسبی عنصرها قرار داد و آن را برابر واحد گرفت و دیگر اوزان را مضربهای این واحد به حساب آورد. بعدها شیمی دانها متوجه شدند که اگر اکسیژن را استاندارد قرار دهند دقیقتر خواهد بود چون وزن اتمی اش دقیقا ۱۶ است.

جدول ۸

علامت اختصاری زبان لاتینی

نام انگلیسی	نام لاتینی	علامت اختصاری
انتیموان	استیبیوم	Sb
مس	کوپروم	Cu
طلا	اوروم	Au
آهن	فروم	Fe
سرب	پلومبوم	Pb
جیوه	هیدرارژیوم	Hg
پتاسیم	کالیوم	K
نقره	آرژنتوم	Ag
سدیم	ناتریوم	Na
قلع	استانوم	Sn
تنگستن	ولفرامیوم	W

(اخیرا به کربن-۱۲، یعنی ایزوتوپی از کربن که وزن اتمی آن ۱۲ است، روی آورده‌اند. این دقیقترین استاندارد ممکن است و جدول اوزان اتمی باردیگر براساس این کربن محاسبه شده است.)

برزلیوس در سال ۱۸۲۶ صورتی از اوزان اتمی عناصرها را فراهم آورد که شیمی‌دانهای قرن بیستم نیز آن را درست یافتند. همه اوزان جز وزن سه عنصر تقریباً درست بود. سه عنصری که وزن غلط داشتند عبارت بودند از نقره و سدیم و پتاسیم. اعدادی که وزن اتمی این سه عنصر را نشان می‌دادند درست دو برابر اعداد واقعی بودند. بر روی هم اندازه‌گیریهای **برزلیوس** حاکی از مهارت و پشتکار غیر قابل تصور است.

محققان، شیمی‌دانها از آن پس اعدادی را که **برزلیوس** یافته بود در نتیجه به کار بردن روشهای اندازه‌گیری دقیق‌تر، تصحیح کرده و ارقام دقیق‌تر آنها را یافته‌اند. در سال ۱۹۲۵ دقت اندازه‌گیری، رقم اعشاری را به ۳، مثلاً گوگرد را به ۳۲٫۰۶۴ رسانید و سرانجام در سال ۱۹۵۶ این عدد هم به ۳۲٫۰۶۶ تصحیح شد. ولی درهمه حال بسیار نزدیک به رقمی است که **برزلیوس** یافته بود.

در جدول ۹ نام ۵۴ عنصر را که در زمان **برزلیوس** می‌شناختند آورده‌ام و اوزان اتمی آنها را که بر اساس اکسیژن که ۱۶٫۰۰۰ محاسبه شده است نشان داده‌ام. به هر حال این اعداد بسیار نزدیک به اعدادی هستند که **برزلیوس** محاسبه کرده بوده است.

جدول ۹

اوزان اتمی

وزن اتمی	عنصر	وزن اتمی	عنصر
۵۸٫۷۱	نیکل	۲۶٫۹۸	آلومینیوم
۹۲٫۹۱	نیوبیوم	۱۲۱٫۷۶	آنتیموان
۱۴٫۰۰۸	نیتروژن	۷۴٫۹۱	ارسنیک
۱۹۰٫۲	اوسمیوم	۱۴۷٫۳۶	باریوم
۱۶٫۰۰۰۰	اکسیژن	۹٫۰۱۳	بریلیوم
۱۰۶٫۴	پالادیوم	۲۰۹٫۰۰	بیسموت
۳۰٫۹۷۵	فسفر	۱۰٫۸۲	بور
۱۹۵٫۰۹	پلاتین	۷۹٫۹۱۶	بروم
۳۹٫۱۰۰	پتاسیم	۱۱۲٫۴۱	کادمیوم
۱۰۲٫۹۱	رودیوم	۴۰٫۰۸	کلسیم
۷۸٫۹۶	سلنیوم	۱۲٫۰۱۱	کربن
۲۸٫۰۹	سیلیسیوم	۱۴۰٫۱۳	سریم
۱۰۷٫۸۸	نقره	۳۵٫۴۵۷	کلر
۲۲٫۹۹۱	سدیم	۵۲٫۰۱	کروم
۸۷٫۶۳	استرونیوم	۵۸٫۹۴	کبالت
۳۲٫۰۰۶	گوگرد	۶۳٫۵۴	مس

بقیه جدول ۹ :

وزن اتمی	عنصر	وزن اتمی	عنصر
۱۸۰٫۹۵	تانتالوم	۱۹۷٫۰	طلا
۱۲۷٫۶۱	تلوریوم	۱۰۰٫۸۰	هیدروژن
۲۳۲٫۰۵	توریوم	۱۲۶٫۹۱	ید
۱۱۸٫۷۰	قلع	۱۹۲٫۲	ایریدیوم
۴۷٫۹۰	تیتانیوم	۵۵٫۸۵	آهن
۱۸۳٫۸۶	تنگستن	۲۰۷٫۲۱	سرب
۲۳۸٫۰۷	اورانیوم	۶٫۹۴۰	لیتیوم
۵۰٫۹۵	وانادیوم	۲۴٫۳۲	منیزیوم
۸۸٫۹۲	ایتريوم	۵۴٫۹۴	منگنز
۶۵٫۳۸	روی	۲۰۰٫۶۱	جیوه
۹۱٫۲۲	زیر کونیوم	۹۵٫۹۵	مولیبدنوم

وقتی که اوزان اتمی عناصرها در دست باشند اوزان نسبی مولکولها به آسانی قابل محاسبه خواهند بود. مثلاً «وزن مولکولی» کربنات سدیم Na_2CO_3 عبارت خواهد شد از مجموع وزن اتمهای سدیم (۲۲٫۹۹۱ + ۲۲٫۹۹۱) و وزن اتم کربن (۱۲٫۰۱۱) و وزن سه اتم اکسیژن (۱۶٫۰۰۰ + ۱۶٫۰۰۰ + ۱۶٫۰۰۰) یعنی برابر با ۱۰۵٫۹۹۳.

کنگره کارلسروهه

جای تعجب است که بیشتر شیمی دانهای معاصر بر زلیوس اعتقادی به اوزان اتمی وی نداشتند. زیرا همواره این سؤال برای آنها مطرح بود که «چگونه می توان به توزین اتمها که کوچک و نامرئی و غیر قابل لمس هستند اعتقاد کرد؟» و ترجیح می دادند که بر اساس اندازه گیریهایی که خود مستقیماً به انجام می رساندند اوزان اتمی را محاسبه کنند. مثلاً چون می دانستند که آب از نظر وزن حاوی هشت قسمت اکسیژن و یک قسمت هیدروژن است، پس «وزن معادل» برای اکسیژن ۸ است این نوع محاسبه برای آنها ازاینکه بگویند وزن اتمی اکسیژن ۱۶ است مفهوم بیشتری داشت.

ولی بسیاری از شیمی دانها عادت کرده بودند که «وزن معادل» را با وزن اتمی اشتباه کنند و وزن اتمی اکسیژن را ۸ به حساب آورند از این گذشته در تفاوت میان «وزن اتمی» و «وزن مولکولی» دقت به کار نمی بردند.

نتیجه این ناهماهنگی ها این بود که بر سر نوشتن فرمول مواد پیچیده تر، بخصوص مواد کربن دار، عدم توافق بسیار وجود داشت. مثلاً شیمی دانی معتقد بود که مولکولی باید دو اتم اکسیژن داشته باشد چون وزن اتمی هر یک ۸ است ولی شیمی دان دیگر می پنداشت که آن مولکول باید یک اتم اکسیژن با وزن اتمی ۱۶ داشته باشد. چنانکه می بینید مقادیر زیادی انرژی دانشمندان صرف مجادلات بی حاصل

می شد.

سرانجام یکی از مهمترین شیمی دانهای آن زمان به نام **فردریش اوگوست ککوله**^۱ که آلمانی بود پیشنهاد کرد که کنفرانسی از شیمی دانهای مهم اروپا تشکیل شود و درباره موضوع بحث و تصمیم گرفته شود.

بدین طریق «نخستین کنگره جهانی شیمی» در سال ۱۸۶۰ در شهر کارلسروهه که در قلمرو **بادن**^۲ بود (رود راین آن را از فرانسه جدا می سازد) تشکیل شد. کنگره به راه نادرست سوق داده شد. زیرا شیمی دانها مرتباً حرف می زدند و به جایی نمی رسیدند. در این میان شیمی دانی ایتالیایی به نام **استانیسلاو کانیزارو**^۳ رشته سخن را به دست گرفت و موضوع کنگره را به کلی تغییر داد.

کانیزارو در مباحثه بسیار با حرارت سخن می گفت. وی در انقلابی که بر علیه ناپل در زادگاهش سیسیل برپا شده بود، سهم مهمی داشت. ولی پس از آنکه انقلابیون شکست خوردند به عجله آنجا را ترک گفت و اوقات خود را در فرانسه و مصر گذرانید، و در سال ۱۸۶۰، هنگامی که پادشاهی جدید در ایتالیا متحد برقرار شد بدانجا باز گشت. (**کانیزارو** بعداً نایب رئیس سنای ایتالیا شد). در این حیص و بیص فرصتی پیدا کرد و خود را به کنگره کارلسروهه رسانید.

کانیزارو در برابر شیمی دانهایی که به مجادله برخاسته بودند

۳ - Stanislao Cannizzaro

۲ - Baden

۱ - F. A. Kekule

ایستادگی کرد و بادفای آتشی که از نظریه اتمی در شیمی به عمل آورد همه حاضران را تحت تاثیر قرار داد. وی از حاضران تقاضا کرد که به اشتباه میان «اتم و مولکول» و «وزن معادل و وزن اتمی» خاتمه بدهند و اضافه کرد که اگر توجه شیمی دانها به اوزان اتمی متمرکز شود فرمولهای آنها روشن خواهد شد و به این بی نظمی پایان خواهد بخشید.

کانیزارو شیمی دانها را متقاعد ساخت. آنها به آزمایشگاه های خود بازگشتند و با اعتقادی نو و روشی اصولی تر به کار پرداختند و نتایج سودمند به دست آوردند.

در این میان عنصرهای نو دیگری شناخته شده بودند.

یکی از دستیاران مورد علاقه **برزلیوس** به نام **کارل گوستاو - موزاندر**^۱ به تجزیه خاک کمیابی به نام **سریا**^۲ دست زد (اکسیدسریوم). وی از حل کردن نمونه کانی در اسید قوی اکسیدنوی به دست آورد و به پیشنهاد **برزلیوس** آن را **لانتانا**^۳ نامید. (مشتق از کلمه یونانی «مخفی») زیرا در کانی مخفی بود. **لانتانا** اکسید فلز نوی بود که طبعاً «لانتانوم» نامیده شد.

موزاندر دو سال بعد اکسید دیگری به دست آورد. این فلز به قدری به «لانتانوم» شبیه بود که وی آن را «دیدیموم»^۴ نامید. واقع

۳- Lanthana

۲- Ceria

۱- Karl Gustav Mosander

۴- Didymium مشتق از کلمه یونانی «دوقولو»

امر این بود که «دیدیمیوم» اساساً عنصر نبود بلکه مخلوطی از دو عنصر تقریباً یکسان بود - دو عنصر واقعاً دو قولو. ولی این کشفی بود که چهل سال بعد یعنی مدت‌ها پس از مرگ **موزاندر** به عمل آمده بود.

موزاندر به خاک کمیاب «ایتریا» روی آورد، و پس از دو سال تفحص درباره آن به این نتیجه رسید که «ایتریا» حاوی سه نوع اکسید است. یکی از آن سه اکسید که خصوصیات ایتریا را داشت بی رنگ بود. ولی ازدواکسید دیگری زرد بود و «اربیا» نامیده شد و دیگری که به رنگ گل سرخ بود «تربیا» نام گرفت. دوفلزی که از این دو اکسید به دست آمدند به ترتیب «اربیوم»^۱ و «تربیوم»^۲ نامیده شدند. بنا بر این هر سه عنصر «ایتریوم» و «اربیوم» و «تربیوم» نامشان از دهکده کوچک ایتربای^۳ گرفته شده است.

چنانکه در پایان بخش هفتم اشاره کرده‌ام، سنگ معدن پلاتین، حاوی ۵ عنصر: پلاتین، اوسمیوم، ایریدیوم، پالادیوم و رودیوم بود. در سال ۱۸۲۴ از این سنگ معدن فلزششمی به وسیله **کارل کارلوویش کلاوس**^۴ کشف شد. وی زاده استونی ولی آلمانی‌الصل بود. ابتدا شاگرد داروساز شد ولی بعداً موفق شد که به عنوان داروساز در اسپه‌های ولگا کار کند. **کلاوس** سالها در آنجا به مطالعه زندگی گیاهی و حیوانی پرداخت. سپس به مطالعات کانی‌شناسی روی آورد و مطالعه سنگ معدن پلاتین را در کوه‌های اورال آغاز کرد. وی در اندیشه یافتن فلز نوی

K. K. Klaus - ۴

Ytterby - ۳

Terbium - ۲

Erbium - ۱

در این سنگ معدن بود. پنج فلزی را که در آن بود یکی بعد از دیگری جدا ساخت و سرانجام فلزشیمی، که از بقیه کمیاب تر بود در آن یافت و آن را «روتنیوم»^۱ (به مناسبت نام روسیه) نامید.

جدول دهم عنصرهایی را که در دههٔ آخر زندگی برزلیوس کشف شدند نشان می‌دهد.

جدول ۱۰

عنصرهایی که در اواخر عمر برزلیوس کشف شدند

عنصر	علامت اختصاری	وزن اتمی	سال کشف	کاشف
لانتانوم	La	۱۳۸٫۹۲	۱۸۳۹	موزاندر
اربیوم	Er	۱۶۷٫۲۷	۱۸۴۳	موزاندر
تربیوم	Tb	۱۵۸٫۹۳	۱۸۴۳	موزاندر
روتنیوم	Ru	۱۰۱٫۱	۱۸۴۴	کلاوس

هنگامی که نخستین کنگرهٔ جهانی شیمی در کارلسروهه برپا بود تعداد عنصرهای شناخته شده به ۵۸ رسیده بود.

برگه‌هایی که در طیف بود

پس از «کنگره کارلسروهه» اوزان اتمی، چون عامل مهمی در جستجوی عنصرها و کارهای روزانه شیمی‌دانها به کار آمد. وزن اتمی راهنمای تشخیص شباهتها و تفاوت‌های میان عنصرها، نیز وسیله‌ای برای کشف عنصرهای نو بود.

به‌عنوان مثال کبالت و نیکل را در نظر می‌گیریم. کبالت دارای وزن اتمی ۵۸٫۹۴ است و وزن اتمی نیکل ۵۸٫۷۱ است. این دو عنصر بسیار به هم شبیه‌اند. شاید مفهومی این باشد که هر چه اوزان اتمی دو عنصر به هم نزدیکتر باشند آن دو عنصر شباهت بیشتری به هم خواهند داشت.

ولی این تئوری درست نبود زیرا مس و روی از نظر وزن اتمی بسیار به هم نزدیکند. وزن اتمی مس ۶۳٫۵۴ و از روی ۶۵٫۳۸ است و حال آنکه این دو فلز شباهتی به هم ندارند. یا مثلاً گوگرد (با وزن

اتمی ۰۶۶ر۳۲) و کلر (با وزن اتمی ۳۵ر۴۵۷). این دو عنصر اگرچه از نظر وزن اتمی به یکدیگر نزدیکند، از نظر خواص شیمیایی در دو قطب مخالف یکدیگر قرار دارند، چنانکه گوگرد جامد و زرد است و حال آنکه کلر گاز و سبزرنگ است و در واکنشهای شیمیایی خواص متفاوت نشان می‌دهند.

از سوی دیگر، شیمی‌دانها متوجه شدند که بعضی از عناصرها از نظر وزن اتمی تفاوت بسیار دارند ولی خواص آنها بسیار به هم شبیه است. مثلاً سدیم و پتاسیم بسیار به هم شبیهند و حال آنکه وزن اتمی پتاسیم تقریباً دو برابر وزن اتمی سدیم است.

پس آیا تحقیقاتی که در باره اوزان اتمی به عمل می‌آمدند بی‌هوده بودند؟ نه کاملاً. سال ۱۸۱۷ بود که شیمی‌دانی آلمانی به نام **یوهان ولف گانگ دوبراینر**^۱ متوجه چیز جالبی شد.

دوبراینر در باره خواص سه عنصر کلسیم و باریوم و استرونیوم متحیر مانده بود. هر سه عنصر همانند بودند اما تفاوت‌های آنها چه؟ کلسیم در دمای ۸۵۱ درجه ذوب می‌شود، باریوم در ۷۱۰ درجه ولی استرونیوم در درجه‌ای حد واسط آن دو یعنی ۸۰۰ درجه.

از نظر فعالیت شیمیایی کلسیم بسیار فعال است به طوری که اگر تکه‌های از کلسیم را به آب بینزاییم فوراً با اکسیژن واکنش می‌کند و هیدروژن آزاد می‌سازد. فعالیت باریوم از این بیشتر است و با آب

واکنش بسیار شدیدتر می کند و اما استرونیوم؟ فعالیتی حد واسطه این دو عنصر دارد.

هر سه عنصر ترکیبات مشابه تولید می کنند. مانند سولفات کلسیم (Ca SO_4) و سولفات باریوم (Ba SO_4) و سولفات استرونیوم (Sr SO_4). سولفات کلسیم تا حدی در آب حل می شود ولی سولفات باریوم با اشکال و چنانکه حدس خواهید زد، سولفات استرونیوم در حد واسطه میان این دو است.

حد واسطه بودن استرونیوم از صد راه دیگر نیز معلوم می شود.

آنچه بیش از همه توجه **دوبراینر** را جلب کرد این بود که این وضع با اوزان اتمی جور در می آمد. بر اساس اندازه گیری برزلیوس وزن اتمی کلسیم ۴۰ و از باریوم ۱۳۷ و از استرونیوم ۸۸، یعنی تقریباً حد واسطه آن دو بود!

به عبارت دیگر، استرونیوم که از نظر خواص شیمیایی در حد واسطه کلسیم و باریوم قرار داشت، از نظر وزن اتمی نیز در حد واسطه این دو عنصر بود.

دوبراینر مدتی دست از دنبال کردن مسئله کشید. زیرا وی همواره به فعالیت‌های گوناگون سرگرم بود. از میان سایر فعالیت‌های چراغ **دوبراینر** مشهورتر از همه بود. این چراغ نخستین تدبیری بود که در آن از کاتالیزورها استفاده می شد. در این چراغ **دوبراینر**

فواره‌ای از هیدروژن را برپودر پلاتین اثر می‌داد و بر اثر این برخورد هیدروژن مشتعل می‌شد. **برزلیوس** چنین فرایندی^۱ را که در آن ماده‌ای (چون پلاتین) موجب واکنشی می‌شد بدون آنکه خود به‌مصرف برسد، کاتالیزوری^۲ نامید.

دوبراینر از نظر اینکه دوست شخصی برجسته بود نیز مشهور است: وی دوست صمیمی **گوته** بود و به این شاعر بزرگ شیمی می‌آموخت.

وی در سال ۱۸۲۹ باردیگر به مطالعه عنصرهای سه‌گانه پرداخت. سه عنصری که این بار نظرش را جلب کردند گوگرد و سلینیوم و تلوریوم بودند. این سه عنصر نیز خواص شیمیایی مشابه داشتند و یکی از آن سه (یعنی سلینیوم) از نظر خواص شیمیایی و وزن اتمی در حد واسط میان دو عنصر دیگر قرار داشت. بدین معنی که وزن اتمی گوگرد ۳۲ بود و از تلوریوم ۱۲۸ و حال آنکه وزن اتمی سلینیوم ۷۹ بود، **دوبراینر** مورد سومی نیز از کیفیت فوق پیدا کرد. این سه عنصر عبارت بودند از کلر و بروم و ید. کلر گازی است به‌رنگ روشن و بسیار فعال. ید رنگ تیره دارد و جامد است و فعالیت کمتر دارد. اما بروم چه؟ بروم مایعی است که اندکی تیره است و فعالیت حد واسط دارد. از جهات دیگر نیز در حد واسط است. (واقع امر این است که وقتی بروم کشف شد بعضی از شیمی‌دانها گمان می‌کردند که ترکیبی از کلر و ید است) و بر اساس

اوزان اتمی برزیلیوس، کالر ۳۵۵۰ و ید ۱۲۷ و بروم ۸۰ یعنی تقریباً حد واسط آن دو بود.

دوبراینر که مجذوب کشف خود شده بود، گزارشی از مشاهدات خود در باره «عنصرهای سه گانه» به جهان علم عرضه داشت. ولی او جلوتر از عصری که در آن می زیست فکر می کرد. شیمی دانهای آن زمان بدان توجهی نکردند و گمان بردند که دوبراینر خود را سرگرم بازی با اعداد کرده است.

آثاری که در رنگ دیده می شوند

جویندگان عنصر در دهه سال ۱۸۵۰ ناگهان در وضع جدیدی قرار گرفتند و آن به سبب کشف روش فنی جدیدی بود.

این روش فنی به کشف قدیمی نیوتون، که نور دارای طیفی رنگارنگ است، باز می گردد. نیوتون رنگهای نور را به وسیله منشوری شیشه‌ای از هم جدا کرده بود. بعد شیمی دانها متوجه شدند که وقتی مواد مختلف را حرارت می دهند هر یک به رنگ مشخصی درمی آید.

مثلاً در سال ۱۷۵۸ شیمیدان آلمانی **مارک گراف** (که روی را نخستین بار به حالت خلوص به دست آورده بود) متوجه شد که «سودا» (کربنات سدیم) با شعله‌ای زرد و «پتاش» (کربنات پتاسیم) با شعله‌ای بنفش می سوزد.

در سال ۱۸۳۴ یک فیزیکدان انگلیسی به نام **هنری فوکس تالبوت**

که یکی از مخترعان عکاسی است، این گونه تجزیه رنگها را قدمی فراتر برد. از پیش معلوم شده بود که لیتیوم و استرونیوم هر دو با شعله قرمزمی سوزند. ولی این مسئله مورد توجه **تالبوت** قرار گرفت که آیا هر دو رنگ کاملاً یکسانند یا اندکی تفاوت دارند؟ **تالبوت** نور هر شعله را از منشوری عبور داد و دید که دو طیف حاصل متفاوتند. سرانجام پزشکی از اهالی پنسیلوانیا به نام **دیوید آلتر**^۱ پس از مطالعه نور بسیاری از گازها و فلزات به این نتیجه کلی رسید که هر عنصری طیفی مخصوص به خود دارد.

در این لحظه مساعد دو فیزیکدان آلمانی به نامهای **روبرت ویلهلم بونسن**^۲ و **گوستاو روبرت کیرشوف**^۳ با اختراعی به میدان آمدند (۱۸۵۹) که مناسبترین ابزار زمان بود. اختراع این دو فیزیکدان اسپکتروسکوپ^۴ بود (این اختراع مهمتر از اختراعی بود که بونسن بدان مشهور است - سرپیچ بونس) **بونسن** و **کیرشوف** ابزار ساده‌ای ترتیب دادند که در آن نواراز شکاف باریکی عبور می‌کرد و از منشوری می‌گذشت. منشور رنگها را به صورت نواری همانند رنگین کمان از هم جدا می‌ساخت. نور سفید که حاوی همه رنگهاست نواری سرتاسری تولید می‌کرد ولی وقتی که چند رنگ معدود در نور وجود داشت، رنگها به صورت خطهای شفاف (تصاویر شکاف) در نقاط معین طیف

G. R. Kirchoff - ۳

R. W. Bunsen - ۲

D. Alter - ۱

Spectroscope - ۴

ظاهر می شدند. مثلاً در شعله سدیم خطوط ثانوی نیز دیده می شدند و اینها از رنگهایی بودند که در شعله وجود داشتند ولی شدتشان کمتر بود). سرانجام وسیله سریع و مناسبی برای تشخیص عناصرها، حتی مواد مرکب فراهم آمد. چنانکه بونس و کیرشوف یافتند هر عنصری طرح مخصوصی از خطوط طیفی دارد. به همان گونه که آثار انگشت هویت اشخاص را تعیین می کنند، خطوط طیف معرف هویت عناصرها هستند. کافی است که عنصری را حرارت دهیم تا فروزان شود، سپس خطوط طیفی آن را در اسپکتروسکوپ بینیم و فوراً بگوییم که با چه عنصری سروکار داریم، اگرچه مقدار عنصر بسیار کم باشد.

از این گذشته، هر وقت به خطوط طیفی غیر آشنا برخوردید خواهید توانست وجود عنصری نورا در نمونه ای کانی که مورد آزمایش قرار می دهید نشان دهید. با این ترتیب عناصرهای ناشناخته را به روشی مشخص می توان شناخت و دیگر دست تصادف عنصر را به ما معلوم نخواهد داشت.

بونس و کیرشوف بزودی دو عنصر نو یافتند. این دو دانشمند در حالی که نمونه هایی از کانی لیتیوم دار را مطالعه می کردند به خطوط طیفی ناآشنایی برخوردند که یکی آبی و دیگری قرمز بود. خط آبی از فلزی قلیایی بود که نامش را «سزیوم»^۱ گذاشتند و خط قرمز از فلزی بود که «روبیوم»^۲ نامیدند.

۱- Cesium - مشتق از کلمه لاتینی «آبی»

۲- Rubidium - مشتق از کلمه لاتینی «قرمز»

اسپکتروسکوپ رامتوجه زمین و هوا کردند

شیمی‌دانهای دیگر فوراً اسپکتروسکوپ فراهم آوردند و در همان سالی که «روبییدیوم» کشف شد، ویلیام کروکس^۱ در انگلستان عنصر نو دیگری را در نمکی که در تهیهٔ اسید سولفوریک به وجود می‌آمد، پیدا کرد. وی توجهش به «سلنیوم» بود ولی وقتی که نمکها را حرارت داد و نور آنها را با اسپکتروسکوپ مطالعه کرد، دید که خط سبز نو، خارج از خطوط سلنیوم در طیف قرار دارد. خط سبز وجود عنصری را مدلل ساخت که کروکس آن را «تالیوم»^۲ نامید.

پس از آن فیزیکدانان آلمانی به نام فردیناندرایش^۳ که رنگ کور بود با همکاری شیمی‌دانی به نام هیرونیموس تئودور ریشتر^۴ عنصری به جمع عنصرهای سال ۱۸۶۳ افزود. این دو دانشمند کانی از «روی» را با اسپکتروسکوپ مطالعه می‌کردند. ریشتر که رنگ کور نبود متوجه خط نیلی رنگی شد که ناشناخته بود. عنصری را که بدین صورت شناختند «اندیوم»^۵ نامیدند.

در همین اوان اسپکتروسکوپ مورد استفادهٔ اخترشناسان، برای بررسی ستارگان قرار گرفت. سالها پیش از آنکه این ابزار شناخته شود فیزیکدان آلمانی یوزف فن فراون هوفر^۶ منشوری را جهت تجزیه کردن نوری از خورشید که از شکافی عبور کرده بود به کار برد.

۱- W. Crookes ۲- Thallium - مشتق از کلمهٔ «یونانی شاخه سبز» .

۳- F. Reich ۴- H. T. Richter ۵- Indium

۶- J. Von Fraunhofer

وی صدها خطوط تیره در طیف خورشید مشاهده کرد که (اکنون نیز به خطوط فراون هوفر موسومند). این خطوط تیره تا اختراع اسپکترو-سکوپ همچنان اسرار آمیز جلوه می کردند. اسپکتروسکوپ مفهومی آنها را روشن ساخت.

اسپکتروسکوپ نشان داد که عناصرها در حالت سردی (یعنی هنگامی که گداخته نشده اند) همان طول موجهایی از نور را جذب می کنند که در موقع گداخته بودن پس می دهند. مثلاً گاز هیدروژن داغ، خطوط روشنی در بعضی از طول موجهای آبی نشان می دهد و هیدروژن سرد درست همان طول موجها را جذب می کند. بنابراین وقتی نوری که در اسپکتروسکوپ داخل می شود از هیدروژن سرد عبور کرده کرده باشد خطوط تیره در همان طول موجهای طیف ظاهر خواهد ساخت.

پس مفهوم «خطوط فراون هوفر» در نور خورشید چه معنی دارد؟ معنی اش باید این باشد که گازهای سرد اتمسفر خورشید بعضی از انواری را که از خورشید به زمین رسیده اند جذب کرده اند. اگر چنین باشد پس خطوط تیره، آثار عنصرهایی است که در اتمسفر خورشید وجود دارند. به عبارت دیگر، اسپکتروسکوپ این امکان را به وجود آورده است که عنصرهای موجود در اتمسفر اجرام سماوی شناخته شوند - نه تنها عنصرهای موجود در اتمسفر خورشید، بلکه عنصرهای اتمسفر سایر ثوابت و سیارات.

بزودی اخترشناسان یافتند که عنصرهای موجود در اجرام سماوی از همان عنصرهای روی زمین‌اند. بنابراین ارسطو کاملاً در اشتباه بود و جهان سماوی از «اثر» مخصوص یا «عنصر پنجم» ساخته نشده بود، بلکه از همان چیزهایی ساخته شده‌اند که سیاره‌ها را به وجود آورده‌اند.

اما عنصری در خورشید شناخته شد که در زمین از وجود آن بی‌اطلاع بودند. در سال ۱۸۶۸ اخترشناسان هنگامی که خورشید در حال خسوف بود با اسپکتروسکوپ به اتمسفرش نگاه می‌کردند. در این میان پیرژول سزار ژانسن^۱ فرانسوی متوجه خط زرد جدیدی شد. اخترشناسی انگلیسی به نام نورمان لاکیه^۲ آن را نشانه عنصر نوی اعلام داشت. وی آن عنصر را «هلیوم»^۳ نامید. البته هلیوم هنگامی رسماً در زمره عنصرهای شناخته شده درآمد که به وجود آن در زمین پی بردند.

جدول یازدهم صورت اسامی عنصرهایی را نشان می‌دهد که به کمک اسپکتروسکوپ و در مدت کوتاهی پس از اختراع آن کشف شده‌اند.

اکنون صورت اسامی به ۶۱ بالغ است، ولی فقط صورتی از اسامی عنصرها بود و جز دو براینر کسی نظمی یا دلیلی در ترتیب آنها نمی‌

۱ - P. J. Cesar Janssen ۲ - N. Lockyer

۳ - Heluim - مشتق از کلمه یونانی خورشید

دید. وقت آن رسیده بود که کسی بنشیند و کوشش کند که عناصر را به ترتیبی تحت نظم درآورد.

جدول ۱۱

عصرهایی که با اسپکتروسکوپ کشف شدند

عصر	علامت اختصاری	وزن اتمی	سال کشف	کاشف
سزیوم	Cs	۱۳۲٫۹۱	۱۸۶۰	بونسن - کیرشوف
روبیدیوم	Rb	۸۵٫۴۸	۱۸۶۱	بونسن - کیرشوف
تالیوم	Tl	۲۰۴٫۳۹	۱۸۶۱	کروکس
انندیوم	In	۱۱۴٫۸۲	۱۸۶۳	رایش - ریشتر

به ترتیب وزن اتمی

راههای منطقی گوناگونی برای به نظم در آوردن عناصرها وجود دارد: یکی ترتیب تاریخ کشف عناصرهاست. (در بیشتر جدولها بدین-گونه ترتیب داده ام). دیگری، ترتیب القباست. سومی ترتیب وزن اتمی است. ترتیب اخیر (جدول ۱۲) دست کم مفهومی فیزیکی به همراه دارد. ولی از نظر روشن ساختن خواص عناصرها چندان جالب به نظر نمی رسد.

در سال ۱۸۶۲ زمین شناسی فرانسوی به نام الکساندر امیل بگوویه دوشانکور توآ^۱ خود را به این سرگرم کرده بود که اسامی عناصرها را درستونی ماریچی بنویسد. چیز جالبی که از این ترتیب شوخی آمیز به دست آمده این بوده که «عناصرهای سه گانه» دوبراینر به ترتیبی مناسب در یک ستون قرار گرفتند. مثلاً «سه عنصر» کلسیم و استرونیوم

و باریوم در يك خط عمودی قرار گرفتند و استرونیوم درست در زیر کلسیم و باریوم در زیر استرونیوم بود.

جدول ۱۲

عنصرهای سال ۱۸۶۳ به ترتیب وزن اتمی

وزن اتمی	عنصر	وزن اتمی	عنصر																																							
۹۱٫۲۲	زیر کونیوم	۱۰۰٫۸۰	هیدروژن																																							
۹۲٫۹۱	نیوبیوم	۶٫۹۴۰	لیتیوم																																							
۹۵٫۹۵	مولیبدیوم	۹٫۰۱۳	۱۰۱٫۱	روتنیوم	۱۰٫۸۲	بور	۱۰۲٫۹۱	رودیوم	۱۲٫۰۱۱	کربن	۱۰۶٫۴	پالادیوم	۱۴٫۰۰۸	نیتروژن	۱۰۷٫۸۸	نقره	۱۶٫۰۰۰۰	اکسیژن	۱۱۲٫۴۱	کادمیوم	۲۲٫۹۹۱	سدیم	۱۱۴٫۸۲	اندیوم	۲۴٫۳۲	منیزیوم	۱۱۸٫۷۰	قلع	۲۶٫۹۸	آلومینیوم	۱۲۱٫۷۶	انتیموآن	۲۸٫۰۹	سیلیوم	۱۲۶٫۹۱	ید	۳۰٫۹۷۵	فسفر	۱۲۷٫۶۱	تلوریوم	۳۲٫۰۶۶	گوگرد
۱۰۱٫۱	روتنیوم	۱۰٫۸۲	بور																																							
۱۰۲٫۹۱	رودیوم	۱۲٫۰۱۱	کربن																																							
۱۰۶٫۴	پالادیوم	۱۴٫۰۰۸	نیتروژن																																							
۱۰۷٫۸۸	نقره	۱۶٫۰۰۰۰	اکسیژن																																							
۱۱۲٫۴۱	کادمیوم	۲۲٫۹۹۱	سدیم																																							
۱۱۴٫۸۲	اندیوم	۲۴٫۳۲	منیزیوم																																							
۱۱۸٫۷۰	قلع	۲۶٫۹۸	آلومینیوم																																							
۱۲۱٫۷۶	انتیموآن	۲۸٫۰۹	سیلیوم																																							
۱۲۶٫۹۱	ید	۳۰٫۹۷۵	فسفر																																							
۱۲۷٫۶۱	تلوریوم	۳۲٫۰۶۶	گوگرد																																							

وزن اتمی	اتمى عنصر	وزن	بقیه جدول ۱۲ عنصر
۱۳۲٫۹۱	سزیوم	۳۵٫۴۵۷	کلر
۱۳۷٫۳۶	باریوم	۳۹٫۱۰۰	پتاسیم
۱۳۸٫۹۲	لاتتانوم	۴۰٫۰۸	کلسیم
۱۴۰٫۱۳	سریوم	۴۷٫۹۰	تیتانیوم
۱۵۸٫۹۳	تربیوم	۵۰٫۹۵	وانادیوم
۱۶۷٫۲۷	اریوم	۵۲٫۰۱	کروم
۱۸۰٫۹۵	تانталوم	۵۴٫۹۴	منگنز
۱۸۳٫۸۶	تنگستن	۵۵٫۸۵	آهن
۱۹۰٫۲	اوسمیوم	۵۸٫۷۱	نیکل
۱۹۲٫۲	ایریدیوم	۵۸٫۹۴	کبالت
۱۹۵٫۰۹	پلاتین	۶۳٫۵۴	مس
۱۹۷٫۰	طلا	۶۵٫۳۸	روی
۲۰۰٫۶۱	جیوه	۷۴٫۹۱	ارسنیک
۲۰۴٫۳۹	تالوم	۷۸٫۹۶	سلنیوم
۲۰۷٫۲۱	سرب	۷۹٫۹۱۶	بروم
۲۰۹٫۰۰	بیسموت	۸۵٫۴۸	روبیديوم
۲۳۲٫۰۵	توریوم	۸۷٫۶۳	استرونیوم
۲۳۸٫۰۷	اورانیوم	۸۸٫۹۲	ایتريوم

عین همین وضع در مورد «سه عنصر» کالر و بروم وید و نیز در مورد گوگرد و سلنیوم و تلوریوم وجود داشت.

بگویه دوشانکور تو آ این ترتیب را «پیچ تلوری»^۱ نامید. مقاله‌ای نیز در باره آن به چاپ رسانید ولی هیچ کس متوجه نکته آن نشد. زیرا وی اولاً نویسنده کم‌مایه‌ای بود، ثانیاً اصطلاحات زمین‌شناسی را که شیمی‌دانها با آنها آشنایی نداشتند، به کار برده بود، ثالثاً چاپ مقاله همراه نقشه ترتیب عنصرها بر بدنه استوانه نبود. این مقاله در جهان شیمی کمترین اثری باقی نگذاشت.

اما از آنجا که فکر خوب دیر یا زود، باردیگر به ذهن می‌آید، در سال ۱۸۶۴ شیمی‌دانی انگلیسی به نام **جان الکساندر راینانیولاندز**^۲ نیز خود را به ترتیب دادن عنصرها در ستون‌هایی سرگرم ساخت. وی به این نتیجه رسید که وقتی عنصرها را (به ترتیب وزن اتمی) به ستون‌های هفت عنصری تقسیم می‌کنند، ترتیبی به دست می‌آید که در آن شباهت‌های خانوادگی عنصرها به چشم می‌خورد. سه ستون اول وی در جدول ۱۳ هست.

(نیولاندز «فلئور» را نیز در لیست آورد و حال آنکه رسماً در صورت اسامی عنصرها نبود ولی به وجودش پی برده بودند. از این گذشته بایستی «وانادیوم» را در ستون سوم قرار دهد - بعد از تیتانیوم - ولی چون وزن اتمی غلط این عنصر را در اختیار داشت آن را دورتر از جای

جدول ۱۳

بخشی از ترتیب نیولاندز در بارهٔ عنصرها

ستون سوم	ستون دوم	ستون اول
کلر	فلئور	هیدروژن
پتاسیم	سدیم	لیتیوم
کلسیم	منیزیوم	بریلیوم
کروم	آلومینیوم	بور
تیتانیوم	سیلیسیوم	کربن
منگنز	فسفر	نیتروژن
آهن	گوگرد	اکسیژن

اصلی خود در لیست قرار داده بود).

قانون اوکتاوها

اکنون به ستون اول نیولاندز می‌نگریم تا ببینیم که چه رابطه‌ای میان آنها می‌یابیم.

نخستین عنصر این ستون «هیدروژن» است که گازی نسبتاً فعال است. بعد از آن «لیتیوم» است که جامدی فعال است. سپس «بریلیوم» است که جامدی با فعالیت کمتر است. بعد از آن «بور» است که جامدی

با فعالیت کمتر از قبلی است. «کربن» پس از آن قرار دارد و فعالیتش بسیار کمتر است، سپس «نیتروژن» هست که گازی بی اثر است و در پایان ستون «اکسیژن» قرار دارد که گازی فعال است.

تا اینجا چیز قابل توجهی به نظر نمی‌رسد، پس ستون دوم را مطالعه می‌کنیم.

ابتدا «فلئور» هست که گازی فعال است. پس از آن «سدیم» است که جامدی فعال است، و پس از آن به ترتیب «منیزیوم» جامدی با فعالیت بسیار کمتر از قبلی است.

اکنون داریم به جایی می‌رسیم. چنانکه دیده می‌شود ستون دوم تکرار وضع ستون اول است. از این گذشته شباهت موجود میان عنصرهای دو ستون فقط سطحی نیست. زیرا فلئور شباهتهای شیمیایی بسیاری با هیدروژن دارد. سدیم نیز بسیار شبیه لیتیوم است و بر همین قیاس منیزیوم و آلومینیوم و سیلیسیوم از نظر شیمیایی به ترتیب مانند بریلیوم و بور و کربن هستند.

دو عنصر انتهای ستون دوم «فسفر» و «گوگرد» کمی مایوس-کننده‌اند. زیرا مانند دو عنصر ستون اول «نیتروژن» و «اکسیژن»، صورت گازی ندارند، ولی شباهتهایی شیمیایی دارند. فسفر همانند نیتروژن با سایر عناصر ترکیب می‌شود و گوگرد و اکسیژن نیز همین حال را دارند.

و اما ستون سوم چه؟ در ابتدای این ستون «کلر» هست که گازی

بسیار شبیه فلئور است. «پتاسیم» عنصر دوم ستون سوم جامد فعالی است و پسر عموی شیمیایی سدیم ولیتیوم است که به ترتیب درستونهای دوم و سوم در ردیف ۲ هستند. «کلسیم» سومین عنصر ستون ۳، شبیه بریلیوم و منیزیوم دوستون یک و دو (ردیف ۳) هستند و بر این قیاس.

نیولاندز اطمینان داشت که ترتیب وی مفهوم خاصی دارد. جدولی که وی ترتیب داده بود مسئله «سه عنصر» های **دوبراینر** را به خوبی تفسیر می کرد. «کلر» در رأس ستون سوم بود و «بروم» در رأس ستون پنجم و «ید» در رأس ستون هفتم. پس **نیولاندز** می توانست به سه عنصر خود دو عنصر دیگر یعنی «هیدروژن» و «فلئور» را نیز بیفزاید. این دو عنصر در رأس ستونهای اول و دوم قرار دارند و با «کلر» و «بروم» و «ید» شباهتهای شیمیایی دارند.

نیز سه عنصر دیگر **دوبراینر** یعنی «کلسیم» و «استرونیوم» و «باریوم» هر سه در ردیف سوم ستون مربوط بودند و «بریلیوم» و «منیزیوم» قابل افزودن بدانها بودند. بالاخره «گوگرد» و «سلنیوم» و «تلوریوم» سه عنصر دیگر، همه ته ستون بودند.

دوبراینر در مسیر درستی قرار داشت فقط دنبال آن را نگرفت و حال آنکه جدول **نیولاندز** نه تنها «سه عنصرها» بلکه «پنج عنصرها» و حتی خانوادههای بزرگتر عنصرهای مشابه را شناساند. برای پیدا کردن خانوادههای عنصرها فقط لازم بود که ستونها را به طور افقی در نظر بگیرند.

جدول نیولاندز او کتاو پرده‌های موسیقی را به یاد می‌آورد و درست مانند پرده‌های موسیقی، که ۸هـ او کتاو دارند، جدول وی نیز ۸هـ او کتاو فاصله داشت که هفت عنصر در هر گروه قرار داشت. (مترادف با هفت نت: دو، ر، می، فا، سول، لا، سی). نیولاندز کشف خود را «قانون او کتاوها» نامید.

متأسفانه جدول نیولاندز چند نقص داشت. بدین معنی که بعضی از عنصرها با جایی که قرار داشتند متناسب نبودند. مثلاً آهن، آخرین عنصر ستون ۳ از هر نظر با همدریف خود در دو ستون اول و دوم، یعنی با اکسیژن و گوگرد تفاوت داشت. حتی ترکیباتی که تولید می‌کردند شبیه نبودند. اکنون عنصرهای ستونهای هشتمانه نیولاندز را بررسی می‌کنیم.

«هیدروژن» و «فلئور» و «کلر» و «بروم» و «ید» را می‌توان در يك خانواده جا داد ولی «کبالت» و «نیکل» و «پالادیوم» و «پلاتین» و «ایریدیوم» با آنها جور در نمی‌آیند. زیرا هیچ دو عنصری را نمی‌توان یافت که شباهتشان به یکدیگر کمتر از شباهت «فلئور» و «ایریدیوم» باشد. فلئور در تمام جدول از همه فعالیت‌تر است و حال آنکه ایریدیوم کمتر از همه فعالیت دارد. فلئور گاز است و حال آنکه ایریدیوم فلز است.

از این گذشته نیولاندز برای آنکه هماهنگی را در شباهت میان او کتاوهای خود حفظ کند ناگزیر شد که در بعضی از از ردیف‌ها دو

عنصر قرار دهد. مثلاً «کبالت» را با «نیکل» و «پلاتین» را با «ایریدیوم». نیز ناگزیر شد که بعضی از عناصر را از نظر وزن اتمی در ترتیب غلط قرار دهد. مثلاً «کروم» را بالای «تیتانیوم» قرارداد و حال آنکه

ستون ۱	هیدروژن
ستون ۲	فلئور
ستون ۳	کلر
ستون ۴	کبالت، نیکل
ستون ۵	بروم
ستون ۶	پالادیوم
ستون ۷	ید
ستون ۸	پلاتین، ایریدیوم

وزن اتمی اش بیشتر از آن بود. وی از آن جهت بدین کار اقدام کرد که کروم بیش از سیلیسیوم به آلومینیوم شبیه بود (جدول ۱۳). بیشتر شیمی دانها جدول نیولاندز را مورد استهزا قرار دادند و روزنامه های علمی از چاپ مقاله اش درباره «قانون او کتاوها» سر باز زدند.

واقع امر این است که فکر نیولاندز اساساً درست بود ولی يك اشتباه ساده مرتکب شده بود که جدولش را بی اعتبار ساخته بود، و آن «قانون او کتاوها» بود. زیرا وی با در نظر گرفتن عدد ۷ برای

همه ستونها راه غلط رفته بود.

تناوبها درازتر می شوند

در سال ۱۸۷۰، یعنی شش سال پس از الهام درخشان، ولی بی- نتیجه نیولاندز، شیمی دانی آلمانی به نام یولیوس لو تار میر^۱ در ترتیب دادن عنصرها به روش عکس عمل کرد. بدین معنی به جای آنکه مانند بگویم دوشانکور تو آ و نیولاندز عنصرها را درستونها جای دهد، آنها را از روی خواصشان مرتب ساخت.

میر توجهش را فقط به يك خاصیت عنصرها متمرکز ساخت و آن وزن بود. مسئله ای که مایه شکفتی وی شد این بود که وزن خود عنصرها (یعنی وقتی که تکه ای از يك عنصر را روی ترازو قرار دهند و وزن می کنند) با وزن اتمی آنها سازگار نبود. مثلاً سزیوم و باریوم را در نظر می گیریم: وزن مخصوص باریوم (یعنی وزنش در مقایسه با وزن هم حجمش آب) ۳٫۷۸ است. ولی وزن مخصوص سزیوم ۱۹۰۳٫۱ است و حال آنکه وزن اتمی آنها بسیار به هم نزدیک است زیرا سزیوم ۱۳۲٫۹۱ و باریوم ۱۳۷٫۴۶ است.

این تفاوت می تواند مبین يك چیز باشد و آن این است که در يك تکه باریوم اتمها باید دو برابر فشرده تر قرار گرفته باشند. به عبارت دیگر «حجم اتمی» باریوم باید فقط نصف «حجم اتمی» سزیوم باشد.

میر سر تاسر جدول عنصرها را از نظر حجم اتمی و نسبت به وزن اتمی بررسی کرد و نموداری به دست آورد که شبیه يك سلسله امواج پشت سر هم بود.

به منظور بیان نتیجه‌ای که میر گرفته بود يك نمودار ساده رسم کرده‌ام که در آن از هیدروژن صرف نظر شده است، و نمودار با لیتیوم یعنی دومین عنصر سبکی که آن وقت می شناختند آغاز گردیده است (جدول ۱۴). لیتیوم حجم اتمی مختصری دارد ولی حجم اتمی عنصر-های بعد از آن ابتدا کم می شود (یعنی برای بریلیوم و بور) بعد دوباره شروع می کند به زیاد شدن (یعنی کربن و نیتروژن و اکسیژن و فلئور و سدیم تدریجاً دارای حجم اتمی بیشترند) و سدیم در قله قرار دارد. (که بالاتر از لیتیوم است). از آن پس بار دیگر حجم اتمی کاهش می-یابد و سپس بالا می رود تا وقتی که پتاسیم به قله بلندتری می رسد. از پتاسیم به بعد نیز حجم اتمی عنصرها پایین می آید و بالایی رود و صورت يك سلسله امواج را به خود می گیرد.

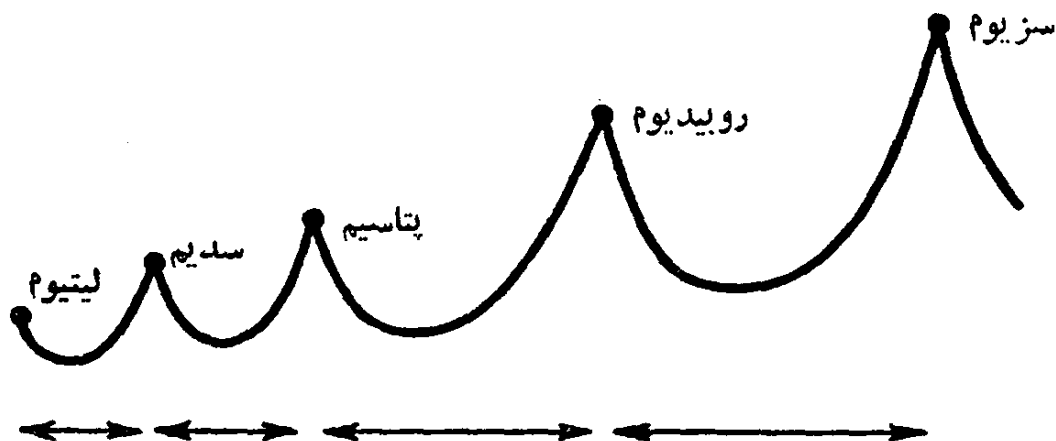
در نمودار جدول ۱۴، که فقط بخشی از نمودار کل است، لیتیوم و سدیم و پتاسیم و روبیدیوم و سزیوم در قله قرار دارند. همه این فلزات قلیایی هستند و با هم بسیار منسوبند. وقتی که عنصرهای ته منحنی‌ها و نیز عنصرهای اوضاع دیگر منحنی‌ها را با هم مقایسه کنند معلوم می شود که همین امر در مورد آنها نیز عیناً صادق است.

به عبارت دیگر وقتی که میر عنصرها را بر حسب حجم اتمی و

نسبت به وزن اتمی مرتب کرد دید که عنصرها به خانواده‌ها تقسیم شده‌اند.

جدول ۱۴

نمودار حجمهای میر



نمودار فوق واقعیتی را نشان می‌دهد که اشتباه نیولاندز را آشکار می‌سازد. هرچه در صورت اسامی عنصرها پایین‌تر برویم (یا به عبارت دیگر هرچه از نظر وزن اتمی در صورت اسامی بالاتر برویم) امواج نمودار درازتر می‌شوند. دومیج اولیه (یعنی از لیتیوم تا سدیم و از سدیم تا پتاسیم) تقریباً یک طول دارند. دومیج بعدی از دو برابر آنها درازترند. اگر نیولاندز درازی ستونهای بعدی را دو برابر دو ستون اول می‌گرفت (یعنی ستونهای ۳ و ۴، ۵ و ۶، ۷ و ۸ را با هم جمع می‌کرد) مقداری از اشکالات را از میان می‌برد. در آن صورت در

رأس پنج ستون به ترتیب هیدروژن و فلئور و کبر و برم و ید قرار می-
گرفتند. همه این عناصر را از نظر شیمیایی منسوبند. کبالت و نیکل و
وپالادیوم و پلاتین و ایریدیوم نیز به میان کشیده نمی شدند تا موجب
بروز اشکال شوند.

میر، چنانکه اشاره کرده ام، در سال ۱۸۷۰ نمودار خود را به چاپ
رسانید. تاریخ می بایست وی را مرد مشهوری معرفی می کرد ولی
فقط يك سال تأخیر کرده بود و در سال ۱۸۶۹ شیمی دانی روسی جدولی
به چاپ رسانید که چون « کتاب مقدس » عناصرها همچنان باقی مانده
است.

جدول تناوبی

این که کشف جدول تناوبی در روسیه صورت گرفته جای تعجب است زیرا در قرنهای هجدهم و نوزدهم، شیمی فقط در انحصار کشورهای غربی اروپا، بخصوص آلمان و سوئد و فرانسه و انگلستان بود. روسیه از علم و دیگر دانشها بسیار عقب بود. مردم روسیه به وسیله تزارهای مستبد در بیسوادی کامل نگهداشته شده بودند. زیرا تزارها از این بیم داشتند که اگر دهقانان تعلیم و تربیت ببینند انقلاب برآه خواهند انداخت.

با همه این احوال روسیه در قرن هجدهم یکی از درخشانترین چهره‌های علم شیمی را به جهان عرضه داشت و آن میخائیل واسیلیویچ لومونوزوف^۱ بود. وی که پسر ماهیگیری از اهالی یکی از دهات شمالی بود، ترتیبی فراهم آورد بود تا به مسکو برای تحصیل برود.

۱ - (M. V. Lomonosov, ۱۷۶۵-۱۷۱۱)

لومونوزوف در مدرسه چنان استعدادی نشان داد که وی را برای تحصیل علم شیمی به آلمان فرستادند.

لومونوزوف در رشته‌های گوناگون ممتاز بود. شعرهای بسیار خوب به زبان روسی سرود. زبان روسی را با سادگی و کمال یاد کرد و لاوازیه روسیه شد. و یکی از محترمترین چهره‌های تاریخ روسیه است. علاوه بر افتخارات دیگری که نصیب وی شده یکی این است که دهکده زادگاهش را به نام وی خواندند، دوم آنکه یکی از دهانه‌های آتشفشان سطح مخفی ماه را، که به وسیله اسپوتنیک شوروی در سال ۱۹۵۹ عکس برداری شده، به نام وی معروف کردند. اما لومونوزوف در زمان حیات در خارج از روسیه کمتر شناخته شده بود زیرا دانشمندان دیگر کشورها گزارشهای روسیه را نمی خواندند و از این گذشته عده زیادی از آنها با زبان روسی آشنایی نداشتند (و حال آنکه بسیاری از دانشمندان خواستار آموختن آنند). اگر شیمی‌دانهای قرن نوزدهم نوشته‌های لومونوزوف را می خواندند متوجه می شدند که وی (با ترتیب دادن آزمایشهایی نظیر آزمایشهای لاوازیه) مسئله احتراق را ۲۰ سال پیش از آن حل کرده است!

لاوازیه تئوری احتراق خود را (مستقل از لومونوزوف) انتشار داد. شیمی‌دان روسی دیگری به نام واسیلی والادیمیریچ پتروف^۱ آزمایشهای قاطعی ترتیب داد که صحت آن مورد تأیید قرار

گرفت. وی در سال ۱۷۹۷ نشان داد که در خلاء (در غیاب اکسیژن) نه فسفر می‌سوزد و نه فلزات زنگ می‌زنند. این آزمایش از نظر رد تئوری فلوریتون و نشان دادن اهمیت اکسیژن بسیار متقاعد کننده بود، ولی شیمی‌دانهای غرب از تحقیقات **پتروف** چیزی نشنیده بودند. ولی دانشمندی روسی که موضوع صحبت ما در اینجا است نه **لومونوزوف** است نه **پتروف** بلکه **دیمتری ایوانوویچ مندلیف** است. **مندلیف** در سبیری در شهر **توبولسک** به دنیا آمد. ظاهراً مادرش دو رگه مغول بود، **دیمتری** جوانترین اولاد خانواده‌اش بود. این خانواده بالغ بر ۱۴ یا ۱۷ فرزند داشت (تعداد دقیق اولاد خانواده دیمتری به درستی ثبت نشده است) پدرش مدیر دبیرستان محل بود ولی هنگامی که دیمتری هنوز کودک بود نابینا شد. مادرش برای فراهم آوردن هزینه سنگین چنین خانواده‌ی پر جمعیتی کارخانه شیشه‌سازی تأسیس کرد.

وقتی **دیمتری** ۱۶ ساله شد و تحصیلات دبیرستانی را به پایان رسانید پدرش از این جهان رفت و کارخانه شیشه‌سازی مادرش نیز به کلی سوخت. مادرش که زنی بسیار پر انرژی بود، بر آن شد که برای این جوانترین و زیر کترین پسر خود وسیله تحصیلات عالی فراهم سازد، پس با **دیمتری** به مسکو، که هزارها کیلومتر دورتر بود، رفت. در آنجا نتوانست جایی برای **دیمتری** پیدا کند زیرا دانشگاه از

پذیرفتن **دیمتری** سر باز زده بود. وی در حالی که از خشم دندانهایش را به هم می‌فشرد رهسپار سنت پترزبورگ شد و در آنجا به کمک یکی از دوستان همسر مرحومش توانست **دیمتری** را به کالج بسپارد، متأسفانه وقتی مأمودیتش را انجام داد، از این جهان رفت.

دیمتری مندلیف تمایل زیادی به فرا گرفتن علوم داشت و این میل را نخستین معلمش، که يك نفر تبعیدی سیاسی بود، در او تقویت کرده بود. **مندلیف** کالج را با احراز رتبه اول به پایان رسانید. سپس عازم فرانسه و آلمان شد تا آنچه را که در روسیه نمی‌توانست فرا گیرد، به دست آورد.

وی در آلمان با **بونسن**، که به تازگی اسپکتروسکوپ را اختراع کرده بود کار کرد. نیز در کنگره کارلسروهه شرکت کرد و سخنرانی **کانیزارو** درباره اوزان اتمی اثر عمیقی در او گذاشت.

مندلیف به سن پترزبورگ بازگشت و در ۳۲ سالگی استادشیمی شد. بزودی به عنوان برجسته ترین سخنران و یکی از بهترین سخنرانان اروپا شد. نیز کتابی در شیمی به رشته تحریر در آورد به نام «اصول شیمی» این کتاب از بهترین کتابهایی بود که در روسیه به چاپ رسیده بود.

ظرفیت و جدول

در دهه سال ۱۸۶۰، **مندلیف** نیز، مانند بسیاری از شیمی دانهای

پیش از خود مسئله تحت نظم در آوردن عنصرها را بررسی کرد. میر در آلمان از نظر حجم اتمی درباره این مسئله کار می کرد، ولی مندلیف که از مطالعات میر آگاه نبود، از راه دیگری به مسئله روی آورد، و آن توجه به «ظرفیت عنصرها» بود.

سالها بود که می دانستند هر عنصری دارای يك «قدرت ترکیب» است. مثلاً اتم هیدروژن نمی توانست بیش از يك اتم دیگر در يك موقع بگیرد و قادر نبود که با دو اتم اکسیژن ترکیب شود و به اصطلاح HO_2 به وجود آورد. و حال آنکه اکسیژن می توانست با دو اتم دیگر (فقط ۲ اتم) ترکیب شود (یعنی H_2O). به عبارت دیگر می توان گفت که اتم هیدروژن «یکزنه» است^۱ و اتم اکسیژن «دوزنه»^۲.

بنابراین «قدرت ترکیب» هیدروژن يك است. سدیم و فلئور و بروم و یتاسیم ویدو چند عنصر دیگر نیز چنین اند. اکسیژن و عده ای از عنصرهای دیگر دارای «قدرت ترکیب» دو هستند. نیتروژن و عده ای از عنصرهای دیگر «قدرت ترکیب» ۳ دارند (یعنی NH_3) و بر این قیاس.

در سال ۱۸۵۲ شیمی دان انگلیسی ادوارد فرانکلند^۳ اصطلاح ظرفیت^۴ را برای نشان دادن این قدرت متداول کرد. به هر عنصری از روی خواص شیمیاییش ظرفیتی می دادند.

1 - Monogamous
2 - Bigamous
3 - Frankalnd
4 - Valence

مندلیف همهٔ توجهش را به ظرفیت عنصرها متمرکز کرد. آیا عنصرها از نظر ظرفیت رابطهای با هم دارند؟ وی برای یافتن پاسخ این پرسش عنصرها را به ترتیب وزن اتمی آنها نوشت و ظرفیتهای آنها را پهلوی نامشان ثبت کرد. جدول ۱۵ قسمتی از صورتی است که مندلیف تهیه کرده است.

چنانکه دیده می‌شود، مقدار ظرفیت مرتباً زیاد و کم می‌شود. از یک شروع می‌شود به چهار می‌رسد و دوباره به یک باز می‌گردد. اگر چه در انتهای جدول مسئله به این سادگی نیست ولی ظرفیت همچنان مانند موج بالا و پایین می‌رود. اما موجها (به همان صورت که میر در حجمهای اتمی یافته بود) درازتر می‌شدند.

مندلیف بر اساس «دورها»^۱ یا «دوره‌ها»^۲ که از ظرفیت‌ها به دست آورده بود یک «جدول تناوبی» عنصرها ترتیب داد. در این موقع همهٔ اروپا متوجهٔ تحقیقات این دانشمند روسی بود. مقاله‌ای را که مندلیف در ۱۸۶۹ نوشت بزودی به زبان آلمانی ترجمه شد و در دسترس همهٔ شیمی‌دانها قرار گرفت. مندلیف مطالعهٔ جدول تناوبی را ادامه داد و آن را به صورت بهتری در آورد. پس از آن نمودار میر در سال ۱۸۷۰ منتشر شد، مندلیف متوجه گردید که بعضی از نکاتی را که ظرفیت، مبهم نشان داده بود نمودار میر روشن ساخته است. هنگامی که کار مندلیف به پایان رسید جدولش بسیار شبیه جدولی بود که اکنون

مورد استفاده شیمی دانهاست.

جدول ۱۵

ظرفیت عنصرها به ترتیب وزن اتمی

ظرفیت	عنصر	ظرفیت	عنصر
۲	منیزیم	۱	هیدروژن
۳	آلومینیوم	۱	لیتیوم
۴	سیلیسیم	۲	ریلیوم
۳	فسفر	۳	بور
۲	گوگرد	۴	کربن
۱	کلر	۳	نیتروژن
۱	پتاسیم	۲	اکسیژن
۲	کلسیم	۱	فلور
		۱	سدیم

در جدول ۱۶ عنصرها را به ترتیبی نشان داده‌ام که بسیار نزدیک به ترتیبی است که هندلیف مرتب ساخته بوده است. مختصر تغییری در آن داده‌ام تا با آنچه امروزه در این باره می‌اندیشند بیشتر تطبیق کند؛ نیز اوزان اتمی جدید را در آن منعکس کرده‌ام. این جدول «هفت ستون» دارد

که معمولاً به «دوره» موسوم است. «دوره اول و دوم» و بر این قیاس در دوره اول فقط يك عنصر هست و آن هیدروژن است. دوره‌های دوم و سوم، مانند جدول نیولاندز، بر روی هم هفت عنصر دارند. ولی دوره‌های چهارم و پنجم و ششم بسیار درازترند. به منظور قرارداد عناصری مشابه در ردیف‌های افقی لازم است که فاصله‌ای در بخش وسط دوره‌های کوتاه گذاشته شود. بر طبق قرارداد ردیف‌های افقی را با اعدادی رومی که با ظرفیت مطابقت دارند نام گذاری می کنند.

در وهله اول «سه عنصر» های دو براینر در جای خود قرار می گیرند. کلر و برم و ید در يك ردیف هستند. نیز گوگرد و سلنیوم و تلوریوم از يك طرف و کلسیم و استرونیوم و باریوم از طرف دیگر در يك ردیف قرار دارند.

از این گذشته هر شیمی دانی توجه خواهد یافت که عنصرهای موجود در يك ردیف به يك خانواده تعلق دارند. مثلاً لیتیوم و سدیم و پتاسیم و روبیدیوم و سزیوم از نظر شیمیایی کاملاً همانندند. مس و نقره و طلا از فلزاتی هستند که بسیاری خصوصیات مشترک دارند. نیز کربن و سیلیسیوم و قلع و سرب در بعضی خصوصیات شیمیایی مشابه، سهیم اند. در ردیف VIII، دسته‌هایی «سه عنصری» هست که به آنها «تریاد» می گویند (اگرچه از سه عنصرهای دو براینر نیستند). در این دسته‌ها، سه عنصر هر دسته همانندند، نیز خود سه عنصری‌ها هم به یکدیگر شباهت دارند. مثلاً دو تریاد «روتنیوم-رودیوم-پالادیوم» و «اوسیموم-

جدول تناوبی به صورتی که در سال ۱۹۶۹ دیده می‌شد.

	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم
Ia ردیف	هیدروژن (1.0080)	لیتیوم (6.940)	سدیم (22.991)
IIa ردیف		بریلیوم (9.013)	منیزیوم (24.32)
IIIa ردیف			
IVa ردیف			
Va ردیف			
VIa ردیف			
VIIa ردیف			
VIII ردیف			
Ib ردیف			
IIb ردیف			
IIIb ردیف		بور (10.82)	آلومینیوم (26.98)
IVb ردیف		کربن (12.011)	سیلیسیوم (28.09)
Vb ردیف		نیتروژن (14.008)	فسفر (30.975)
VIb ردیف		اکسیژن (16.0000)	گوگرد (32.006)
VIIb ردیف		فلتور (19.00)	کلر (35.457)

دوره چهارم	دوره پنجم	دوره ششم	دوره هفتم
بتاسیم (39.100)	رویدیم (85.48)	سزیوم (132.91)	
کلسیم (40.08)	استرونیوم (87.63)	باریوم (137.36)	
	ایتريوم (88.92)	لانتانوم (138.92)	
تیتانیوم (47.90)	زیرکونیوم (91.22)		توریوم (232.05)
وانادیوم (50.95)	نیوبیوم (92.91)	تانتالوم (180.95)	
کرومیوم (52.01)	مولیبدنوم (95.95)	تنگستن (183.86)	اورانیوم (238.07)
منگنز (54.94)			
آهن (55.85)	روتینوم (101.1)	اوسمیوم (190.2)	
کالت (58.94)	رودیوم (102.91)	ایریدیوم (192.2)	
نیکل (58.71)	پالادیوم (106.4)	پلاتینیوم (195.09)	
مس (63.54)	نقره (107.88)	طلا (197.0)	
روی (65.38)	کادمیوم (112.41)	جیوه (200.61)	
	اندیوم (114.82)	تالیوم (204.39)	
	قلع (118.70)	سرب (207.21)	
ارسنیک (74.91)	آنتیموان (121.76)	بیسموت (209.00)	
سلنیوم (78.96)	تلوریوم (127.61)		
بروم (79.916)	ید (126.91)		

ایریدیوم--پلاتینوم» همه فلزات پلاتینی نامیده می‌شوند.

نه تنها عنصرهای Yk ردیف منسوبند بلکه شباهتهایی هم میان ردیف‌ها هست. این موضوع به وسیلهٔ علامات $\text{Ia}, \text{Ib}, \text{IIa}, \text{IIb}$ و مانند اینها نشان داده شده است. هیدروژن در میان عنصرها خصوصیتی استثنایی دارد و آن این است که با چند ردیف خویشی دارد. مثلاً می‌توان آن را هم در ردیف VIIb و هم در ردیف Ia قرار داد و این جادادن به این بستگی دارد که شباهتش با کدام عنصر ردیف در نظر گرفته شود.

برای نخستین بار جدول مندلیف از صورت جمع آوری عنصرها بیرون آمد و مفهوم خاصی پیدا کرد. این جدول، عنصرها را در خانواده‌های مشخص سازمان داد. دیگر نه مانند «سه عنصرهای» دو بر اینر صورت وصله‌پینه داشت و نه چون جدول نیولاندز، خوب و بد با هم مخلوط شده بودند. مندلیف همهٔ خانواده‌های عنصرها را با چنان ترتیبی منطقی مرتب ساخت که دیگر غیرممکن بود مسئله تصادف به میان کشیده شود.

جهان شیمی نمی‌توانست از اثر این جدول بدور بماند. اما شیمی‌دانها هم نمی‌توانستند آن را در بست قبول کنند. جدول بیش از حد تصور بجا بود و بسیار صحیح به نظر می‌آمد اما به دلیل نیاز داشت. چیزی که به درستی جدول مندلیف و شهرت آن صحنه گذاشت، راه جالبی بود که به پیداشدن دلیل انجامید.

حفره‌های جدول

مندلیف چنان به ارزش جدول تناوبی خود اطمینان داشت که در باره نظریات متناقضی که در مورد معدودی از عناصرها به چشم می‌خورد و نیز درباره پیشگوییهای خود به هیچ وجه به خود تردید راه نداد.

وی مانند نیولاندز، تلوریوم را، اگرچه وزن اتمی بیشتر داشت بالاتر از ید در جدول قرار داد. زیرا این تغییر آن عناصرها را در ردیف مناسب با منسوبان شیمیایی اش ترتیب می‌داد، ولی مانند نیولاندز، به این کار جنبه کلی نداد و سرانجام مدلل داشت که در این استثنا ذیحق بوده است.^۱

مندلیف تغییرات دیگری نیز در جدول داد که بیشتر موجب شگفتی شیمی دانها شد. مثلاً برای بریلیوم وزن اتمی ۱۴ پیدا شده بود و حال آنکه مندلیف چنین چیزی را غیر ممکن می‌دانست. زیرا جایی برای چنین عنصری با این وزن اتمی در جدول نمی‌دید. پس بریلیوم را در ردیف IIa با منیزیم، که به او شبیه بود، قرار داد. معنی این عمل مندلیف این بود که بریلیوم از نظر وزن اتمی باید میان لیتیم و بور

۱- اگر به جدول شماره ۱۶ نگاه کنید خواهید دید که کبالت و نیکل نیز از نظر وزن اتمی در جای خود قرار ندارند، ولی این عناصرها چنان در رفتار شیمیایی و وزن اتمی شبیهند که مقدم یا موخر بودن یکی بر دیگری مسئله‌ای نیست و حدس مندلیف در مقدم بودن کبالت بر نیکل درست از آب درآمده است.

قرار داشته باشد. به عبارت دیگر وزن اتمی بایستی در حدود ۹ باشد. سرانجام وقتی وزن اتمی بریلیم به درستی تحقیق شد ۱۳۰٫۹ از آب درآمد. نیز راجع به وزن اتمی اندیوم و اورانیوم محاسبه شیمی دانها را درست نمی دانست» صحت اوزانی را که برای آنها تعیین کرده بود بعداً تأیید شد.

ولی باجرات ترین اظهار مندلیف این بود که عنصرهایی وجود دارند که جای آنها در جدول خالی است و هنوز پیدا نشده اند.

مثلاً میان «روی» (با وزن اتمی ۶۵٫۳۸) و ارسنیک (با وزن اتمی ۷۴٫۹۱) در جدول فاصله ای وجود داشت. «روی» به ردیف IIb تعلق داشت زیرا بسیار شبیه کادمیوم بود و ارسنیک به ردیف Vb متعلق بود زیرا شبیه آنتیموان بود (جدول ۱۶). پس جای خالی ردیف IIIb و IVb برای چیست؟ عنصرهایی که وزن اتمی آنها در حد واسط «روی» و ارسنیک باشند شناخته نشده بودند.

مندلیف معتقد بود که باید به جستجوی این دو عنصر پرداخت. و می گفت «جای دو عنصر در جدول خالی است و بی شك در طبیعت هست و باید پیدا شود.»

پس به شرح خصوصیات عنصرهای گریز پا اقدام کرد. مندلیف معتقد بود که یکی از آن دو عنصر خواصی حد واسط میان آلومینیوم و اندیوم دارد زیرا جایش در ردیف IIIb در میان آن دو بود. نیز پیشگویی کرد که وزن اتمیش در حدود ۶۸ و وزن مخصوصش قریب ۵٫۹ باید

باشد و نقطه ذوبش هم پایین است و نامش را «اکا آلومینیوم» گذاشت. دیگر از خصوصیاتش را این گونه بیان کرد که هوا در آن بی اثر است و اسید به کندی در آن تأثیر می‌کند و اکسید این عنصر شامل یک «اکا آلومینیوم» و سه اتم اکسیژن در مولکولش است. وی خواص این اکسید و بعضی از سایر ترکیبات «اکا آلومینیوم» را نیز توصیف کرد. عنصر ناشناخته دیگر طبق پیشگویی مندلیف، خواصی حد واسط سیلیسیوم و قلع داشت. (در ردیف IVb) وی این عنصر را «اکا سیلیسیوم»^۲ نامید و وزن اتمی آن را ۷۲ و وزن مخصوصش را ۵٫۵ تخمین زد. و اضافه کرد که با ۲ اتم اکسیژن ترکیب می‌شود و اکسید تولید می‌کند و با چهار اتم کلر تولید تتراکلرور خواهد کرد. نقطه جوش تتراکلرور هم به نظر مندلیف در دمای پایین‌تر از ۱۰۰ درجه است.

جدول مندلیف یک جای خالی سوم نیز داشت که در دوره چهارم به چشم می‌خورد. این عنصر پهلوی ایتریوم در ردیف IIIa بود (جدول ۱۶). مندلیف اطمینان داشت که در این نقطه نیز عنصری باید وجود داشته باشد و خواصش باید همانند خواص ایتریوم و لانتانوم باشد نیز باید با عنصرهای ردیف III a خویشی داشته باشد. زیرا آن خانواده با خانواده IIIb منسوب است. عنصرهای ردیف IIIb در دوره دوم و سوم عبارتند از بور و آلومینیوم. مندلیف که یکی از عنصرهای ناشناخته

را «اکا آلومینیوم» نامیده بود، این عنصر سوم را نیز «اکابور»^۱ نامید. طبق پیشگویی مندلیف «اکابور» دارای وزن اتمی ۴۴ بود و اکسیدش مانند اکسید آلومینیوم تر کیبالتش بی رنگ اند و دارای بعضی از صفات مخصوص نیز هستند.

پیشگویهای مندلیف با این صراحت، وضع حساسی برایش پیش آورده بود. اگر برآستی چنین عنصرهایی پیدا می شدند مندلیف به قهرمانی تبدیل می شد و صحت جدول تناوبی اش بدون کوچکترین مانع تحقق می پذیرفت. اما اگر این عنصرها وجود نمی داشتند و پیدا نمی شدند، وی به نام یکی از مضحک ترین پیشگوهای تاریخ شیمی معروف می شد.

عنصرهای مفقوده

شیمی دانها ابتدا پیشگویی های مندلیف را جدی تلقی نکردند. زیرا کارهای ابلهانه زیادی به نام شیمی صورت گرفته بود و هیچ یک از آنها نتوانسته بود عنصری را از صورت تصور محض بیرون آورد. دیگران وجود عنصرها را از مرگ موشها و تغییر رنگ کانیها و خطوط طیف حدس می زدند و حال مندلیف با دست خالی به این پیشگویی اقدام کرده بود و تنها چیزی که در اختیار داشت جدولی بود که خود ترتیب داده بود و چند جای خالی در آن بود. با همه این احوال خصوصیات عنصر-هایی را که هیچ گونه آثار محسوس از وجودشان در دست نبود با تفصیل تمام ذکر کرده بود.

مندلیف توجهی به سخنان کسانی که پیشگوییهای وی را به مسخره می گرفتند، نداشت و به انتظار پیشرفتهایی بود که در این زمینه به عمل می آمد و اتفاقاً، انتظارش چندان طول نکشید.

شیمی‌دان جوانی فرانسوی به نام پل امیل لو کوک دو بوآ - بودران^۱ که در آزمایشگاه کوچک شخصی خود کار می‌کرد، چنان مفتون اسپکتروسکوپ شد که سالهای متمادی کانیها را با این ابزار مورد آزمایش قرار می‌داد. در یکی از روزهای سال ۱۸۷۴ در کانی از «روی» که از کانیهای پیرنه به دست آورده بود خطوط طیفی غیر عادی مشاهده کرده بود. آیا این عنصر جدیدی بود؟ در حالی که از این کشف خود بسیار به هیجان آمده بود به عجله راه پاریس را در پیش گرفت تا یافته خود را به شیمی‌دانهای مهم عرضه کند. سپس به محل کار خود باز گشت تا آن را به حالت خلوص به دست آورد.

وی سرانجام موفق شد که از صدها کیلو گرم کانی، مختصری از یک فلز غریب به دست آورد. این فلز در دمای کم یعنی ۳۰ درجه ذوب می‌شد؛ حتی با گرمای دست انسان نیز ذوب می‌شد. لو کوک دو بوآ - بودران^۱ آن را «گالیوم» نامید و این نام را از نام لاتین قدیمی فرانسه گرفت.

شیمی‌دان جوان از این کشف خود بسیار مغرور بود، ولی هیجانی که به وی دست داده بود نصف هیجانی نبود که به مندلیف عارض شده بود. به محض آنکه شیمی‌دان روسی توصیف فلز نورا خواند، دریافت که این فلز همان «کالومینیوم» است. مندلیف قبلاً پیشگویی کرده بود که نقطه ذوبش بسیار پایین است و وزن اتمی آن را ۶۸ حدس زده

بود و گالیوم ۶۹٫۷۲ بود. نیز وزن مخصوصش را ۵٫۹ تخمین زده بود و گالیوم ۵٫۹۴ بود. خواص شیمیایی گالیوم هم با پیشگویی‌های مندلیف درست بود، حاصل آنکه گالیوم مو به مو با «اکآلومینیوم» همانند بود.

این شباهت جالب بسیار مورد توجه واقع شد و شیمی‌دانها پذیرفتند که گالیوم همان «اکآلومینیوم» مندلیف است. پس جدول تناوبی وی دیگر چیزی خیالی بر صفحه کاغذ مرتب شده نبود، بلکه کلید تفسیر عنصرها و خودشیمی به روشی مستدل بود.

شاید مهیج‌ترین لحظه در تاریخ طولانی کشف عنصرها فرارسیده بود زیرا کسی پیدا شده بود که اطلاعاتش درباره عنصرها به قدری بود که می‌توانست وجود عنصرهایی را پیشگویی کند که هرگز تصور وجود آنها نمی‌رفت.

چهار سال بعد دومین پیشگویی مندلیف واقعیت پیدا کرد. شیمی‌دانی سوئدی به نام فردریک نیلسون^۱ به مطالعه کانی نوی سرگرم بود که بر حسب تصادف اکسید ناشناخته‌ای پیدا کرد. وی به این فکر افتاد که باید اکسید فلز نوی باشد و آن را «اسکاندیوم»^۲ به مناسبت اسکاندیناوی که کانی در آن پیدا شده بود، نامید.

شیمی‌دان سوئدی دیگری به نام پرتئودور کلو^۳ که در جستجوی عنصرها بود، متذکر شد که «اسکاندیوم» به یکی از عنصرهای مفقوده

مندلیف شباهت دارد و خواصش درست همانند خواص «اکابور» **مندلیف** است. برای بار دوم توصیفی که از یک عنصر به عمل آمده بود کاملاً درست از آب درآمد. زیرا وزن اتمی اسکاندیوم ۴۴٫۹۶ (۴۴ پیشگویی شده بود) و وزن مخصوص اکسید آن ۳٫۸۶ بود (۳٫۵ پیشگویی شده بود) و بر این قیاس . آخرین پیروزی **مندلیف** در سال ۱۸۸۶ بود . در این سال شیمی دانی آلمانی به نام **کلمنس الکساندر وینکلر**^۱ سرگرم تجزیه کانی از یک معدن نقره بود که دچار زحمت شد. وی پس از آنکه کانی را به عنصرهای سازنده اش تجزیه کرد و همه را شناخت ۷ درصد از کانی باقی مانده بود که زخمی شد. **وینکلر** به این فکر افتاد که با عنصر ناشناخته ای سروکار دارد، پس ماهها به جستجوی آن همت گماشت تا سرانجام عنصر را به حالت خلوص به دست آورد. وی این عنصر را «ژرمانیوم»^۲ نامید.^۳

در آن ایام شیمی دانها سرگرم یافتن سومین عنصر **مندلیف** بودند، ژرمانیومی که **وینکلر** پیدا کرد همان عنصر سوم بود. وزن اتمی اش ۷۲٫۶۰ بود (۷۲ پیشگویی شده بود) و وزن مخصوصش ۵٫۴۷ بود (۵٫۵ پیشگویی شده بود). چنانکه **مندلیف** گفته بود تترا کلرور این عنصر نقطه جوش پایین داشت. تنها اشتباه مندل این بود که دمای

۱ - C. A. Winkler ۲ - Germanium - مشتق از کلمه Germany

۳ - بسیار جالب است که هر سه عنصر پیشگویی شده به وسیله **مندلیف** به نام کشور کاشفان آنها نامیده شده اند.

ذوب این فلز کمتر از دمایی بود که مندللیف پیش بینی کرده بود. مندللیف موفق شده بود که سه بار تیر به سوی هدف رها کند و هر سه بار به هدف بزند. از آن پس جدول تناوبی وی به صورت کشفی بسیار مهم شناخته شد.

فرمانروایان روسیه با شتابزدگی از دانشمند بزرگ خود، تجلیل کردند. و او را در رأس هیئتی به ایالات متحده (ایالات متحده در آن زمان کشوری بود که اروپاییان غربی چندان ارزشی برایش قائل نبودند.) فرستادند تا سرزمینهای نفت خیز پنسیلوانیا را مطالعه کند و برای توسعه زمینهای نفت خیز قفقازیه راهنما شود.

در این ضمن اشرافی ترین انجمن علمی اروپا مندللیف را با آغوش باز به عضویت خود پذیرفت. انجمن پادشاهی لندن در سال ۱۸۸۲ «مدال دیوی» را که عالی ترین جایزه بود به مندللیف داد. مدالها و جوایز دیگری به دنبال آن به مندللیف تقدیم شدند.

مندلیف علاوه بر شیمی پیشاهنگ دلیری در زمینه های علمی دیگر نیز بود. وی در سال ۱۸۸۷ با یک بالن به هوا صعود کرد تا از کسوف عکسبرداری کند. تصویری از مندللیف در دست است که وی را در کابین زیر بالن با وقار تمام و با موها و ریش بلندش، با چهره ای آسمانی به حالت ایستاده نشان می دهد. مندللیف در دفاع از دانشجویان سرکش بر علیه حکومت تزاری با شجاعت تمام سخن می گفت و مانند بسیاری از روشنفکران روسیه از شکست روسیه در جنگ با ژاپون در

ذوب این فلز کمتر از دمایی بود که مندللیف پیش بینی کرده بود.
مندلیف موفق شده بود که سه بار تیر به سوی هدف رها کند و
 هر سه بار به هدف بزند. از آن پس جدول تناوبی وی به صورت کشفی
 بسیار مهم شناخته شد.

فرمانروایان روسیه با شتابزدگی از دانشمند بزرگ خود، تجلیل
 کردند. و او را در رأس هیئتی به ایالات متحده (ایالات متحده در آن
 زمان کشوری بود که اروپاییان غربی چندان ارزشی برایش قائل
 نبودند.) فرستادند تا سرزمینهای نفت خیز پنسیلوانیا را مطالعه کند و
 برای توسعه زمینهای نفت خیز قفقازیه راهنما شود.

در این ضمن اشرافی ترین انجمن علمی اروپا **مندلیف** را با
 آغوش باز به عضویت خود پذیرفت. انجمن پادشاهی لندن در سال
 ۱۸۸۲ «مدال دیوی» را که عالی ترین جایزه بود به **مندلیف** داد.
 مدالها و جوایز دیگری به دنبال آن به **مندلیف** تقدیم شدند.

مندلیف علاوه بر شیمی پیشاهنگ دلیری در زمینه های علمی
 دیگر نیز بود. وی در سال ۱۸۸۷ با یک بالن به هوا صعود کرد تا از
 کسوف عکسبرداری کند. تصویری از **مندلیف** در دست است که وی را
 در کابین زیر بالن با وقار تمام و با موها و ریش بلندش، با چهره ای
 آسمانی به حالت ایستاده نشان می دهد. **مندلیف** در دفاع از دانشجویان
 سرکش بر علیه حکومت تزاری با شجاعت تمام سخن می گفت و مانند
 بسیاری از روشنفکران روسیه از شکست روسیه در جنگ با ژاپون در

سال ۱۹۰۴ ناراحت شد ولی عمرش کفاف نداد تا بتواند انقلاب اجتناب ناپذیری را که بر علیه رژیم تزاری به وقوع پیوسته است ببیند. پیروزی جدول تناوبی مندلیف سبب شد که میر و نیولاندز وحتى بگویه دوشانکور توآ شناخته شوند و از زحماتی که در این راه متحمل شده اند قدردانی گردد. در سال ۱۸۹۱ نیز يك روزنامه علمی فرانسوی نمودار « پیچ تلوری » بگویه دوشانکور توآ را به چاپ رسانید.

عصرهای پیشگویی نشده

اکنون وقت آن رسیده بود که جاهای خالی جدول تناوبی پر شوند. بر اساس طرح مندلیف تعداد عنصرهای ناشناخته معدود بودند و کار شیمی دانها این بود که ردیفها و دورهها را تکمیل کنند و وجود عنصرهایی را که به حالت خلوص به دست نیامده بودند مورد تحقیق قرار دهند. البته ظاهر امر چنین حکم می کرد. فلئور عنصری بود که به حالت خلوص به دست نیامده بود. شیمی دانها می دانستند که این عنصر در چه هست ولی نمی توانستند آن را از ترکیبی که حاوی فلئور بود جدا کنند. در سال ۱۸۸۶ شیمی دانی فرانسوی به نام هانری مواسان^۱ با تلاش بسیار سرانجام این عنصر را به دست آورد.

علت اشکال جداساختن فلئور این بود که عنصری بسیار فعال است. چنانکه بر آب و بیشتر فلزات و حتی بر شیشه اثر می کند و روی این اصل به محض تولید شدن با اشیای آزمایشگاه دوباره به حالت ترکیب درمی آمد؛ به بافتهای زنده نیز آسیب می رساند چنانکه مواسان چند بار حین آزمایشهایش مسموم شده بود.

وی سرانجام نقشه‌ای طرح کرد و در مبارزه علیه این عنصر پیروز شد. برای این کار آلیاژی از پلاتین و ایریدیوم، که دوفلز بسیار بی-اثرند، تهیه کرد و گاز را در آن جمع کرد. به منظور کاهش اثر فلئور، دستگاه را تا سرحد امکان سرد کرد. مواسان با این تاکنیک توانست در ظرفی که تهیه کرده بود مقداری فلئور خالص جمع آوری کند و در سال ۱۹۰۶ يك سال پیش از مرگش به همین جهت جایزه نوبل را در شیمی ربود.

(مواسان از جهت دیگر نیز معروفیت دارد و آن عبارت از تهیه الماس مصنوعی از کربن، بر اثر انحلال این عنصر در آهن مذاب است. وی تکه کوچکی الماس را نیز برای تأیید نظرش نشان داده است. ولی چنانکه دانسته شد با این روش الماس مصنوعی تهیه شدنی نیست. می گویند که یکی از حاضران به شوخی تکه‌ای الماس را در دستگاه استاد انداخته بوده است.)

پس از کشف گالیوم و اسکاندیوم و ژرمانیوم، سه جای خالی دیگر در جدول مندلیف باقی مانده بود. یکی از آنها در دوره پنجم و

دوتای دیگر در دوره ششم. همه معتقد بودند که سرانجام این سه جای خالی نیز بر اثر اکتشافات جدید پر خواهند شد. ولی مسئله‌ای وجود داشت که همه را متحیر ساخته بود و آن این بود که برای چند عنصر شناخته شده جایی در جدول نبود!

اشکال از اینجا شروع شد که برای هر سه عنصر خاکی «سریوم، اربیوم، تربیوم» در جدول مندلیف جایی وجود نداشت. و مندلیف ناگزیر شد که آنها را به طرزی ناشیانه نادیده بگیرد. (من این سه عنصر را، به منظور اجتناب از اشتباه، در جدول ۱۶ ذکر نکرده‌ام.)

در ازای طرح کاملی که جدول نشان می‌داد این نقاط کوچک صرف نظر کردنی بودند ولی با گذشت زمان مزاحمت‌های بیشتری به وجود آمدند، زیرا تعداد عنصرهایی که به جدول نمی‌خوردند رو به افزایش گذاشته بودند.

در سال ۱۸۷۹ نیز لوکوک دو بوآ بودران در حین آزمایش کانی خاکی نادری از روسیه به نام «سامارسکیت» خطوط نوی در اسپکترو-سکوپ مشاهده کرد. وی این خطوط را منتسب به عنصر نوی به نام «ساماریوم»^۱ دانست. در همین اوان کلو (شیمی‌دانی که متوجه شد اسکاندیوم همان «اکابور» مندلیف است) دو عنصر خاکی نادر دیگر را با اسپکتروسکوپ پیدا کرد. وی یکی از آن دو را «هولمیوم»^۲ و

دیگری را «تولیوم»^۱ نامید. در کشف «هولمیوم» فیزیکدان فرانسوی،
لویی سوریه^۲ با کلو سهیم بوده است، زیرا هر دو در یک زمان متوجه
خطوط این عنصر در اسپکتروسکوپ شده بودند.

عنصرهای خاک‌ی نادر مانند علف‌هرزه به سرعت در تزیاید بودند.
لوکوک دو بوآبودران در همان سنگ معدنی که هولمیوم را پیدا کرده
بود عنصر دیگری یافت که نامش را «دیسپروزیوم»^۳ گذاشت. شیمی-
دانی سویسی به نام ژان شارل گالیسار دومارینیاک^۴ عنصر دیگری
به نام «ایتر بیوم»^۵ به دست آورد. (عنصر چهارم به نام دهکده^۶ ایتر بی
منسوب شد). وی به کشف عنصر دیگری در همان سنگ معدن حاوی
هولمیوم توفیق یافت. لوکوک دو بوآبودران نیز که این عنصر را
را یافته بود پیشنهاد کرد آن را «گادولینیوم»^۷ به افتخار جان گادولین
کاشف نخستین عنصر خاک‌ی نادر بنامند. شیمی‌دانی اطریشی به نام
کارل آورفون ولسباخ^۸ دو عنصر شبیه به هم پیدا کرد و آنها را «پاراسئو
دیمیوم»^۹ و «نئودیمیوم» نامید.^{۱۰}

پس ۸ عنصر دیگر پیدا شده بودند که می‌بایست به جدول تناوبی
افزوده می‌شدند. جای این عناصر در کجای جدول بود؟ اما جایی

۱- Thulium مشتق از کلمه Thule که نام قدیم لاتینی نقاط شمالی زمین بود

۲- L. Soret

۳- Dysprosium مشتق از يك کلمه یونانی به معنی «صعب الوصول»

۴- J. Ch. G. de Marignac ۵- Ytterbium ۶- Ytterby

۷- Gadolinium ۸- K. A. Von Welsbach ۹- Paraseodymium

۱۰- Neodymium «دوقولوی سبز»

برای آنها به نظر نمی‌رسید. ۸ عنصر فوق با سه عنصر سرب و اورانیوم و تریوم ۱۱ عنصری بودند که جایی برایشان در جدول تناوبی نبود. منطقی چنین بود که این یازده عنصر در ردیف IIIa همراه سایر عنصرهای خاکی نادر قرار داده شوند. همهٔ عنصرهای خاکی بسیار شبیه یکدیگر بودند. ظرفیت همه ۳ بود و با هم جور در می‌آمدند ولی جایگاههای ردیف IIIa را اسکاندیوم و ایتریوم و لانتانوم پر کرده بودند (جدول ۱۶) و همهٔ ۱۱ عنصر بی‌مکان از نظر وزن اتمی درست بعد از لانتوم قرار می‌گرفتند (جدول ۱۷)، به عبارت دیگر می‌بایست همه در دورهٔ ششم جا داده می‌شدند. تنها جایی که متناسب خواص شیمیایی آنها در این دوره وجود داشت همان جایگاه لانتانوم بود. حاصل آنکه ۱۲ عنصر فوق می‌بایست در یک جایگاه قرار داده می‌شدند تا جدول درست از آب درمی‌آمد. سرانجام جدول مندلیف چنانکه در آغاز به نظر می‌رسید بدون دستخوردگی باقی نماند.

چنانکه در زیر اشاره خواهیم کرد، مسئله فوق به صورت پیچیده‌تری در آمد.

برای آنکه ترتیب تاریخی کشف عنصرها تا آن زمان مراعات شده باشد، عنصرهایی را که در سالهای بعد از انتشار جدول مندلیف پیدا شده‌اند در جدول ۱۸ نشان داده‌ام. اکنون تعداد عنصرها به ۷۴ بالغ شده است.

ردیف پیشگویی نشده

در پایان قرن نوزدهم مسئله دیگری موجب شگفتی شیمی دانها شد و آن این بود که عنصرهای دیگری پیدا شدند که جایی در جدول مندلیف نداشتند ولی این بار حل مسئله آسان بود، زیرا مندلیف يك ردیف کامل را آزاد گذاشته بود!

داستان واقعی از يك قرن پیش یعنی از زمانی شروع شده بود که هنری کاوندیش مسئله سر در گمی را کشف کرده بود. وی کوشش کرده بود که ببیند غیر از اکسیژن و نیتروژن گاز دیگری در هوا

جدول ۱۷

عنصرهای خاکی نادری که در سال ۱۸۸۶ شناخته شده‌اند

عنصر	وزن اتمی	عنصر	وزن اتمی
اسکاندیوم	۴۴٫۹۶	گادولینیوم	۱۵۷٫۲۶
ایتریوم	۸۸٫۹۲	تربیوم	۱۵۸٫۹۳
سریوم	۱۴۰٫۱۳	دیسپروسیوم	۱۶۲٫۵۱
لانتانوم	۱۳۸٫۹۲	هولمیوم	۱۶۴٫۹۴
پراسئودیمیوم	۱۴۰٫۹۲	اربیوم	۱۶۷٫۲۷
نتودیمیوم	۱۴۴٫۲۷	تولیوم	۱۶۸٫۹۴
ساماریوم	۱۵۰٫۳۵	ایتربیوم	۱۷۳٫۰۴

هست یا نه. خارج کردن اکسیژن از هوای نمونه‌ای که برای آزمایش اختیار کرده بود دشوار نبود، ولی جدا کردن نیتروژن کار آسانی نبود زیرا با چیزی تر کیب نمی‌شد که از هوا خارج شود. اما کاوندیش

جدول ۱۸

عنصرهایی که در زمان حیات مندلیف کشف شده‌اند

عنصر	علامت اختصاری	وزن اتمی	سال کشف	کاشف
گالیوم	G	۶۹٫۷۲	۱۸۷۵	بوآ بودران
هولمیوم	Hoa	۱۶۴٫۹۴	۱۸۷۸	کلو - سوره
ایتربیوم	Yb	۱۷۳٫۰۴	۱۸۷۸	مارینیاک
ساماریوم	Sm	۱۵۰٫۳۵	۱۸۷۹	بوآ بودران
تولیوم	Tm	۱۶۸٫۹۴	۱۸۷۹	کلو
اسکاندیوم	Sc	۴۴٫۹۶	۱۸۷۹	نیلسون
گادولینیوم	Gd	۱۵۷٫۲۶	۱۸۸۰	مارینیاک
پراسئودیمیوم	Pr	۱۴۰٫۹۲	۱۸۸۵	ولسباخ
نئودیمیوم	Nd	۱۴۴٫۲۷	۱۸۸۵	ولسباخ
ژرمانیوم	Ge	۷۲٫۶۰	۱۸۸۶	وینکلر
دیپروسیوم	Dy	۱۶۲٫۵۱	۱۸۸۶	بوآ بودران
فلئور	F	۱۹٫۰۰	۱۸۸۶	موآسان

توانست آن را با بعضی از مواد فعال تر کیب کند. آنچه باقی مانده بود در حدود $\frac{1}{100}$ هوای اولیه بود که با هیچ چیزی تر کیب نمی شد. وی به این نتیجه رسید که این گاز نیتروژن نیست ولی وسیله ای برای شناختن این گاز در دست نبود و سایر شیمی دانها این حدس **کاوندیش** را که گاز باقی مانده عنصر نوی است نادیده گرفتند.

در دهه سال ۱۸۹۰ **رابرت جان استروت**^۱ فیزیکدان مشهوری که به **لرد ریلائی**^۲ معروف بود مسئله را بار دیگر پیش کشید. وی متوجه شد که «نیتروژن» موجود در هوا از نیتروژنی که از کانیهای نیتروژن دار به دست می آید اندکی سنگینتر است. آیا این تفاوت به علت آن است که نیتروژن هوا با گاز ناشناخته سنگینتری مخلوط بوده است؟ **لرد ریلائی** دستیار اسکاتلندی خود را که شیمی دانی به نام **ویلیام رامسی**^۳ بود مأمور بررسی این مسئله کرد.

رامسی آزمایش **کاوندیش** را تکرار کرد و مانند وی سرانجام حبابی از یک گاز کاملاً بی اثر به دست آورد.

ولی **رامسی** اسپکتروسکوپ در اختیار داشت و می توانست ماهیت گاز را با آن بشناسد و حال آنکه **کاوندیش** فاقد چنین دستگاهی بود. **رامسی** گاز را به درجه ای گرم کرد که فروزان شد و در ظرف خطوط نوی نشان داد. این گاز عنصر نوی بود و **رامسی** آن را «ارگون»^۴ نامید.

۳- W. Ramsay

۲- Lord Rayleigh

۱- R. J. Strutt

۴- Argon - مشتق از کلمه یونانی «بی اثر»

سؤالی که مطرح بود این بود که جای آرگون در کجای جدول تناوبی است؟ وزن اتمی آن ۳۹٫۹۴۴ یعنی میان پتاسیم و کلسیم بود، ولی میان این دو عنصر جایی وجود نداشت. رامسی مسئله را بدین صورت حل کرد که آرگون را، با وجود وزن اتمی اندکی سنگینتر بالاتر از پتاسیم قرار دهد، زیرا با این عمل عنصر نو در ته ستون قبلی قرار می‌گرفت و بدین صورت ردیف‌نوی به جدول افزوده می‌شد.

فراموش نشود که مندلیف جدولش را بر پایه‌ی ظرفیت بنا کرده بود. ولی آرگون چه ظرفیتی داشت؟ وقتی عنصری کاملاً بی‌اثر باشد می‌توان ظرفیتش را صفر فرض کرد. پس به این حساب آرگون به خوبی با جدول مندلیف جور درمی‌آمد، زیرا ظرفیت عنصرهای قبل و بعد از آرگون واحد بود. اگر صفری میان واحدها قرار دهیم و با این عمل به هر دوره پله‌ای بیفزاییم، همه‌ی دوره‌ها درست از آب در خواهند آمد و فضایی در ته جدول برای چیزهای نو پیدا خواهد شد.

رامسی جرأت به خرج داد و ردیفی به جدول افزود و آن را «ردیف ۰» نامید. آرگون در ردیف ۰ و در ته دوره سوم زیر کلر جا گرفت. بدیهی است که این عمل بابی برای جستجوی عنصرهای نو مفتوح کرده بود. پس عنصرهای دیگر این ردیف کدام بودند؟

رامسی برای یافتن آنها به هوا روی آورد و به این تصور که همراه آرگون عنصرهای بی‌اثر دیگری در هوا باشند به تجزیه‌ی هوا پرداخت. حدس رامسی درست بود. وی به کمک همکار خود موریس

ویلیام تراورس^۱ توانست گاز «نئون»^۲ و گاز «کریپتون»^۳ و گاز- «کزنون»^۴ را به دست آورد. هر سه گاز مانند آزگون بی اثر بودند. نئون در جای خود، زیر فلئور در ته دوره دوم قرار گرفت. کریپتون زیر بروم در دوره چهارم و کزنون زیر ید در دوره پنجم قرار گرفت. در همین ایام رامسی به گاز دیگری برخورد که بی اثر بود و در جایی غیر منتظره به دست آمده بود. شیمی دانی امریکایی به نام ویلیام فرانس هیلبراند^۵ از یک کانی محتوی اورانیوم گازی به دست آورده بود که به نظرش نیتروژن آمده بود. رامسی که در جستجوی گازهای نو بود مصمم شد که آن را بیشتر مورد بررسی قرار دهد. وی نیز در کانی محتوی اورانیوم گاز بی اثری پیدا کرد ولی آن را با اسپکتروسکوپ تحت آزمایش قرارداد. یافتیم! این گاز خطوطی نشان می داد که به نیتروژن تعلق نداشتند و عجیب تر آنکه عین خطوطی بودند که سی سال پیش در نور خورشید کشف شده بودند و اخترشناس انگلیسی لوکیه (فصل ۱۰) آن را هلیوم نامیده بود.

لوکیه نمی دانست که هلیوم چگونه عنصری است و پسوند «Ium» را که طبق قرارداد به فلزات می دادند بدان افزود. اگر حدس می زد که این عنصر صورت گازی دارد احتمالاً آن را هیلون^۶ می نامید. هلیوم که بعد از هیدروژن سبکترین عنصرهاست، طبعاً در جای

۱- M. W. Travers ۲- Neon ۳- Krypton ۴- Xenon
۵- W. F. Hillbrand ۶- Helion

خود که، ته نخستین دوره است جای گرفت. بدین طریق رامسی همه جا‌های ردیف نو را از نخستین تا پنجمین ستون پر کرده بود. وی به جهت کشف گازهای اصیل در سال ۱۹۰۴ به دریافت جایزه نوبل شیمی توفیق یافت.

این عناصرها به تناسب وزن اتمی در جدول شماره ۱۹ نام برده شده‌اند. با کشف این عناصرها شماره کل عناصرهای شناخته شده به ۶۹ رسیده بود.

جدول تناوبی از همه آزمایشها عملاً روسفید از آب درآمده بود و طرح کلی آن چنان معتبر بود که افزودن ردیف نوی بدان نه تنها خللی بدان وارد نمی‌ساخت بلکه آن را بیشتر تحکیم می‌کرد. اما هنوز مسئله عناصرهای خاکی نادری که با لانتانوم در یک جا جمع شده

جدول ۱۹

عصرهایی که در زمان حیات رامسی کشف شده‌اند

عصر	علامت اختصاری	وزن اتمی	سال کشف	کاشف
آرگون	Ar	۳۹٫۹۴۴	۱۸۹۴	ریلای-رامسی
هلیوم	He	۴٫۰۰۳	۱۸۹۵	رامسی
نون	Ne	۲۰٫۱۸۳	۱۸۹۸	رامسی-تراورس
کریپتون	Kr	۸۳٫۸۰	۱۸۹۸	رامسی-تراورس
کزنون	Xe	۱۳۱٫۳۰	۱۸۹۸	رامسی-تراورس

بودند حل نشده بود و معلوم نبود که در انتهای جدول و بعد از دوره ششم چه چیزهایی هست، و چند عنصر کشف شدنی در این ناحیه از جدول وجود دارد و جدول تا کجا ادامه خواهد داشت؟

کوچکتر از اتم

اکنون شیمی دانها صورت کاملاً مرتبی از عنصرهای سازنده جهان دارند، ولی با همه این کشفیات و سازمانی که به عنصرها داده اند، بیش از پیش از پاسخ پرسش قدیمی **تالس** دورند. این سؤال **تالس** که «آیا ماده‌ای به عنوان آجر ساختمانی نهایی وجود دارد که همه مواد جهان از آن ساخته شده باشند؟» سؤالی کاملاً معقول بود. دهها عنصر گوناگون که شیمی دانها پیدا کردند پاسخ مسئله نبودند و این سؤال همواره مطرح بود که «عنصرها خود از چه ساخته شده اند؟»

سالهای پیش (۱۸۱۵) پزشک و شیمی دانی انگلیسی به نام **ویلیام پروت**^۱ پاسخ جالبی به این پرسش داده بود. وی عقیده داشت که هیدروژن آجر ساختمانی نهایی همه مواد جهان است، زیرا اگر وزن اتمی هیدروژن را واحد اختیار کنید می‌توانید سایر عنصرها را

مرکب از این واحد به تصور آورید. مثلاً کربن را که وزن اتمی ۱۲ دارد می‌توان مرکب از ۱۲ اتم هیدروژن دانست. نیتروژن از ۱۴ اتم هیدروژن و گوگرد از ۳۲ اتم هیدروژن مرکب خواهد بود و بر این قیاس.

متأسفانه «فرض پروت» بدین سبب نباید که وزن اتمی بسیاری از عناصرها مضرب کامل وزن اتمی هیدروژن نبود. چنانکه برزلیوس وزن اتمی «بور» را ۱۰٫۸ و وزن اتمی «کلر» را ۳۵٫۵ یافته بود! اتم «بور» به هیچ صورت به اتمهای هیدروژن قابل تقسیم نبود (حتی نیم اتم و ربع اتم). هنگامی که وزن اتمی عناصرها به صورتی دقیقتر اندازه گیری شد «فرض پروت» به وضع بدتری دچار گشت. وقتی که شیمی‌دان آمریکایی **تئودور ویلیام ریچاردز**^۱ در پایان قرن نوزدهم با منتهای دقت اوزان اتمی عناصرها را محاسبه کرد (وی به همین سبب جایزه نوبل در شیمی دریافت کرد) معلوم شد که اوزان اتمی عناصرها را با کسری که تا سه رقم اعشاری دارد باید نشان داد.

و این خود دلیلی بر آن بود که اتم هیدروژن نمی‌تواند آجر ساختمان‌های عناصرها باشد. سپس در اواخر دهه سال ۱۸۹۰ فیزیکدانها به کشفیات برجسته‌ای توفیق یافتند که «فرض پروت» را برای همیشه به فراموشی سپردند (ولی آن را به صورتی نو احیا کردند). کشفیات فیزیکدانها این مسئله را روشن ساخت که اتم هیدروژن کوچکترین

واحد ماده نیست بلکه متوجه ذرات بسیار کوچکی شدند که بسیار از هیدروژن کوچکتر بودند و اتم هیدروژن در برابر آنها جسم بسیار بزرگی بود و از این گذشته تئوری «غیر قابل تقسیم بودن اتم» به کلی از هم پاشید.

نخستین کسی که به کشف ذرات «کوچکتر از اتم» توفیق یافت فیزیکدان انگلیسی جوزف جان تامسن^۱ بود. آنها که با الکتریسیته آزمایش می کردند متوجه شدند که وقتی جریان الکتریکی در خلاء سیر می کند اشعه درخشانی به وجود می آورد که تابش «اشعه کاتودیک» است. تامسن نشان داد که «اشعه» مرکب از ذرات بسیار کوچک دارای بار الکتریکی منفی است. جرم هر ذره معادل $\frac{1}{۸۰۰}$ جرم اتم هیدروژن بود. از آنجا که این ذرات واحدهای نهایی الکتریسیته به نظر می رسیدند «الکترون» نامیده شدند.

در همین ایام فیزیکدان آلمانی ویلهلم کونراد رونتگن^۲ هنگامی که به مطالعه اشعه کاتودیک اشتغال داشت، تصادفاً کشف کرد که اشعه کاتودیک، اشعه بسیار نافذ تولید می کند و این پرتوها را «اشعه ایکس» نامید. کمی بعد فیزیکدان فرانسوی آنتوان هنری بکرل^۳ موفق به کشف معروف خود، یعنی خاصیت رادیو آکتیوی شد. این کشف چنین صورت گرفته بود که وی تصادفاً صفحه حساس عکاسی را در کشومیزش

۲ - W. K. Roentgen

۱ - J. J. Thomson

۳ - A.H. Becquerel

با نمکی از اورانیوم قرارداد بود و صفحه‌عکاسی به وسیله اشعه اورانیوم تار شده بود. بعداً معلوم شد این پرتوها مرکب از «اشعه آلفا» و «اشعه بتا» (که همان الکترونها بودند) و «اشعه گاما» هستند.

بزودی فیزیکدانها فهمیدند که اورانیوم تنها اتمی نیست که ابتدا به ساکن اشعه صادر کند و خود تجزیه شود. عنصرهای رادیو-آکتیو دیگری نیز وجود داشتند. بدین طریق، بعد از آنکه قرنهای اتم را «غیر قابل تقسیم» می پنداشتند، دانشمندان اتمهایی یافتند که تجزیه می شدند.

طبیعی است که دانشمندان دست به کار شدند تا شاید اتم را بشکافند یا حداقل ساختمان داخلی آن را بشناسند. پیشگام این کاوش ارنست رازرفورد بود که در آزمایشگاه معروف کاندویش در دانشگاه کمبریج کار می کرد.

وی اتمها را با «ذرات آلفا» که از مواد رادیو آکتیو صادر می شدند، بمباران کرد. «ذرات آلفا» متجاوز از ۷۰۰۰ بار بزرگتر از «ذرات بتا» هستند و هنگامی که به وسیله اتمهای رادیو آکتیو شلیک می شوند با سرعت نسبتاً زیاد سیر می کنند. رازرفورد ورقهای نازکی فلزی را در مسیر این گلوله های کوچک قرارداد. بیشتر «ذرات آلفا» از ورق فلز عبور کردند ولی معدودی مسیرشان عوض شد و بعضی نیز به عقب پریدند! چنانکه رازرفورد خاطر نشان ساخت، جریان امر

درست مثل این بود که گلوله‌هایی حقیقی به صفحه کاغذی خورده و معدودی به عقب پریده باشند.

وی چنین پنداشت که ذرات آلفایی که به عقب پریدند می‌بایست به هدفهایی بسیار سنگین درون ورق فلز خورده باشند. و این هدفها می‌بایست مغزها یا هسته‌های اتمهای فلز باشند. از آنجا که بیشتر گلوله‌ها بدون انحراف یا بازگشت از ورقه فلز عبور کردند، رازرفورد نتیجه گرفت که هسته هر اتم بایستی کوچک باشد زیرا از هر چند هزار گلوله فقط یکی بدان اصابت می‌کند. بنابراین بیشتر حجم يك اتم باید شامل فضایی تقریباً خالی باشد که به وسیله الکترونهای سبک اشغال شده است.

سؤالی که در اینجا پیش می‌آید این است که «هسته اتم از چه ساخته شده است؟» رازرفورد از روی خواص اتم هیدروژن چنین نتیجه گرفت که هسته از يك یا چند ذره دارای بار مثبت به نام «پروتون» ساخته شده است. و هر هسته‌ای به همان تعداد پروتون دارد که الکترون در اتم هست، به طوری که بارهای پروتون و الکترون با هم متعادلند و اتم از نظر الکتریکی خنثی است.

پس اتم هیدروژن فقط دارای يك پروتون و يك الکترون بود و اتم هلیوم دارای دو پروتون و دو الکترون. هسته هلیوم در واقع چون يك ذره آلفا بود.

رازرفورد متوجه شد که می‌تواند با برداشتن قطعاتی از هسته

اتمها یا افزودن قطعاتی بدانها به وسیله گلوله های ذرات آلفا، آنها را تغییر دهد. وی در سال ۱۹۱۹ موفق شد که با همین روش اتم نیتروژن را به اتم اکسیژن تبدیل کند پس رؤیای قدیمی کیمیاگران در باره استحاله عناصرها تحقق پذیرفت ولی به صورتی که هرگز به ذهنشان راه نیافته بود.

رادیو آکتیوی

تامس و رونتگن و بکرل و رازرفورد به جهت تحقیقات خود به اخذ جایزه نوبل نایل آمدند، اما بهترین برندگان جایزه نوبل اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم **ماری کوری** بود، وی در سال ۱۸۶۷ در لهستان به دنیا آمد و نامش **ماریاسکلودووسکا**^۱ بود. ماری برای ادامه تحصیل به پاریس رفت (در سوربون). در آنجا با شیمی دان فرانسوی به نام **پیر کوری**^۲ آشنا شد و ازدواج کرد. کشف **بکرل** در باره پرتوهایی که از اورانیوم صادر می شدند مورد توجه فراوان **ماری کوری** قرار گرفت. اصطلاح «رادیو-آکتیوی» از پیشنهادات **ماری کوری** است. وی این پدیده را باشوق و حرارتی تمام بررسی کرد و آن را به صورت رشته ای از تحقیقات علمی در آورد. **ماری** شروع کرد به اندازه گرفتن نیروی رادیو آکتیوی. ابزاری که بدین منظور به کار برده بود پدیده «پیزو الکتریسته»^۳ یعنی

خواص الکتریکی بلورها بود. این پدیده را **پیرکوری** کشف کرده بود. پیر از اینکه شاید همسرش را دانشمندی بزرگتر از خود می‌دید مطالعات خود را رها کرد و بدو پیوست.

ماری و پیرکوری مشغول اندازه‌گیری رادیو آکتیوی نمونه‌هایی از سنگ معدن اورانیوم بودند که بعضی از آنها را چندبار رادیو-آکتیوتر از اورانیوم یافتند. تنها نتیجه‌ای که می‌شد از این گرفته شود این بود که عنصرهای رادیو آکتیو دیگری نیز در آن سنگ معدن وجود دارند. اما اگر چنین باشد مقدارش باید بینهایت کم باشد زیرا **ماری و پیرکوری** نمی‌توانستند با وسایل عادی شیمیایی آن را جدا سازند. پس تصمیم گرفتند مقادیر زیادی از سنگ معدن فراهم آورند تا مقدار قابل‌ی از این ماده برای تجزیه کردن به دست آید. بدین منظور خروارها از این سنگ معدن را از معادن بوهم تهیه کردند. چون دولت اطریش مورد استعمالی برای این سنگ معدن نداشت از صدور آن خوشحال بود، مشروط به اینکه هزینه حمل آن پرداخت شود **ماری و پیرکوری** تقریباً همه اندوخته خود را در این راه خرج کردند.

پس کارخانه کوچکی در جای محفوظی برپا ساختند و به کاردر تپه‌های سنگ معدن اورانیوم پرداختند. چند سالی به متراکم کردن رادیو آکتیوی مشغول شدند. برای این کار مواد بی‌اثر را به‌دور می‌ریختند و با مواد فعال کار می‌کردند.

(ماری دختری به نام ایون به دنیا آورد. این دختر بعدها دانشمند بزرگی شد). سرانجام در ماه ژوئیه سال ۱۸۹۸ موفق شدند از خروارها سنگ معدن مقدار زیادی باقیماندهٔ رادیوآکتیو به دست آوردند. آنچه به دست آورده بودند پودر سیاهی بود که چهارصد بار بیشتر از اورانیوم رادیوآکتیو بود. در این ماده عنصر نوی پیدا کردند که شبیه تلوریوم بود. ممکن است مندلیف نام «اکتوریوم» بر آن نهاده باشد. ماری و پیر این عنصر را به مناسبت زادگاه ماری «پولونیوم» نامیدند.

ولی همهٔ رادیوآکتیوی پودری که به دست آورده بودند از این عنصر نبود: پس عنصری که رادیوآکتیوی بیشتر داشت بایستی در سنگ معدن بوده باشد. شش ماه بعد سرانجام این عنصر را به صورت متراکمی به دست آوردند. خواصش همانند خواص باریوم بود و به ردیف IIa در دورهٔ هفتم مندلیف، می خورد. بعد از آنکه برزلیوس «توریوم» را در ۶۰ سال پیش از آن در دورهٔ هفتم یافته بود، این نخستین عنصر نوی بود که در این دوره پیدا شد.

از آنجا که این عنصر نیروی رادیوآکتیوی بسیار داشت، آن را «رادیوم» نامیدند.

پیرکوری در سال ۱۹۰۶ بر اثر حادثهٔ رانندگی از این جهان رفت (حادثهٔ رانندگی از این جهان درشکه بود نه اتومبیل). ماری

کرسی استادی همسر خود را در سوربون در اختیار گرفت و به تنهایی به کار ادامه داد. وی نخستین استاد زن در تاریخ این مؤسسه عالی بود، نیز تنها دانشمندی است که دو بار به دریافت جایزه نوبل توفیق یافت. یکی در فیزیک (با شرکت همسرش و بکرل) به مناسبت اندازه گیری دقیق رادیو آکتیوی و دیگر در شیمی به خاطر کشف پولونیوم و رادیوم. اندکی پس از آنکه ماری و پیر دو عنصر رادیو آکتیو نادر را کشف کردند، دو عنصر دیگر کشف شدند. در سال ۱۸۹۹ شیمی دانی فرانسوی به نام آندره لویی دبیرن^۱ عنصری پیدا کرد که به ردیف IIIa به سمت راست لانتانوم در جدول می خورد. وی آن را «اکتینیوم»^۲ نامید، سپس در سال ۱۹۰۰ فیزیکدانی آلمانی به نام فردریش ارنست دورن^۳ گازی که بسیار رادیو آکتیو بود همراه رادیوم پیدا کرد. کمی بعد رامسی نشان داد که این ششمین گاز بی اثری است که با دیگر گازهای اصیل در ردیف O قرار دارد. نامش را «رادون»^۴ گذاشتند. عنصرهای رادیو آکتیو بیش از همه مورد توجه قرار گرفتند ولی شیمی دانها همچنان به دنبال کشف فلزات غیر رادیو آکتیو نیز بودند. در سال ۱۹۰۱ شیمی دانی فرانسوی به نام اوژن دمارسی^۵ که با آقا و خانم کوری برای پیدا کردن خطوط اسپکتروسکوپی رادیوم همکاری کرده بود، عنصر نادر نوی پیدا کرد و نام آن را

۱ - A. L. Debierne
 ۲ - Actinium مشتق از کلمه یونانی «پرتو»
 ۳ - F. E. Dorn
 ۴ - Radon
 ۵ - E. Demarçay

«اروپيوم»^۲ گذاشت. شیمی‌دان فرانسوی دیگری به نام ژرژ اوربن^۳ نیز يك عنصر خاکی نادر پیدا کرد و به لیست عنصرها افزود و آن را «لوتسیوم»^۴ نامید. این سنگینترین عنصر خاکی نادری بود که تا آن زمان شناخته شده بود.

جدول ۲۰

جدولهایی که در زمان حیات کوری کشف شدند

عنصر	علامت اختصاری	وزن اتمی	سال کشف	کاشف
پولونیوم	Po	۲۱۰	۱۸۹۸	ماری و پیر کوری
رادیوم	Ra	۲۲۶٫۰۵	۱۸۹۸	ماری و پیر کوری
اکتیونیوم	Ac	۲۲۷	۱۸۹۹	دبیرن
رادون	Rn	۲۲۲	۱۹۰۰	دورن
اروپيوم	Eu	۱۵۲٫۰	۱۹۰۱	دمارسی
لوتسیوم	Lu	۱۷۴٫۹۹	۱۹۰۷	اوربن

جدول بیستم عنصرهایی را که در دهه اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم کشف شده‌اند نشان می‌دهد.

ایزوتوپها

بیشتر این عنصرها به خوبی به جدول تناوبی می خوردند. «رادون» یک گاز بی اثر بود، «رادیوم» یک عنصر قلیایی خاکی بود، «پولونیوم» منسوب تلوریوم و «اکتینوم» منسوب لانتانوم بود. برای هر یک از آنها جایی در جدول وجود داشت. از این گذشته این عنصرها به پر شدن دوره های ششم و هفتم، که جای فراوانی برای عنصرهای نو داشتند، کمک می کردند.

اما عنصرهای رادیو آکتیوا شکالات نوی در جدول تناوبی به وجود آوردند و مسئله را به معمای بزرگی تبدیل کردند.

راز فرورد و یک دستیارش به نام **فردریک سادی**^۱ متوجه شدند که عنصرهای رادیو آکتیو دائماً در حال تغییرند. بدین معنی که هر وقت اتمی یک ذره آلفا یا بتا شلیک می کند باید به اتم دیگر تبدیل شود. به عبارت دیگر استحاله خود بخود همواره در شرف وقوع است.

هر عنصر رادیو آکتیو به قول **راز فرورد** یک «نیمه عمر»^۲ دارد. «نیمه عمر» سرعت تجزیه عنصر را نشان می دهد. «نیمه عمر» مدتی است که برای تجزیه نیمی از اتمهای عنصری رادیو آکتیو لازم است. نیمه عمر اورانیوم ۴۵ میلیارد سال است و نیمه عمر توریوم ۱۴ میلیارد سال. پس تجزیه این دو عنصر بسیار بکندی صورت می گیرد و در تاریخ

سیاره ما فقط بخشی از این عناصرها تغییر یافته است. ولی از سوی دیگر نیمه عمر رادیوم ۱۶۰۰ سال است. نیمه عمر اکتینیوم قریب ۲۲ سال است و از پولونیوم قریب چهار ماه و از رادون کمتر از چهار سال! پس عملاً از این عناصرها چیزی در سیاره ما باقی نمانده است. واقع امر این است که اگر همان مقدار کم این عناصرها بر اثر تجزیه دایم عناصرهای سنگینتر به وجود نمی آمدند، دیگر از این عناصرها چیزی به دست نمی آمد.

معمای جدول تناوبی هنگامی آشکار شد که شیمی دانها متوجه محصول تجزیه عناصرهای رادیو اکتیو شدند. شیمی دانها سه دسته محصول پیدا کردند: «دسته اورانیوم»، «دسته توریوم» و «دسته اکتینیوم». سردسته هر یک، یکی از عناصرهای نامبرده بود. شیمی دانها بزودی متجاوز از ۴۰ عنصر در محصولات تجزیه این عناصرها شناختند. همه عناصرهای سه دسته به سرب ختم می شدند. بدین معنی که سرب محصول نهایی و پایدار هر دسته بود. (چه افتخار مسخره آمیزی نصیب کیمیاگران شده است! استحاله به جای آنکه به طلاً برسد به سرب انجامید!) اگر سرب محصول نهایی بود پس وزن اتمی همه عناصرهای حد واسطی که بر اثر تجزیه فلزات رادیو اکتیو سنگینتر به وجود می آمدند می بایست بین وزن اتمی سرب و اورانیوم بوده باشد.

اشکال در این بود که در این فاصله جدول فقط سه جای خالی وجود داشت. چگونه ممکن بود که چهل عنصر را در سه جای خالی جای دهند؟

سادی همکار رازرفورد، سرانجام در سال ۱۹۱۳ پاسخ معمارا پیدا کرد و آن این بود که اینها ۴۰ عنصر متفاوت نبودند، بلکه صورت های گوناگون چند عنصر معدود بودند. يك عنصر می تواند چند صورت مختلف داشته باشد که از نظر وزن اتمی و قدرت رادیو آکتیوی اندکی متفاوت باشند، و همه از نظر شیمیایی در يك محل جدول تناوبی قرار گیرند. سادی این عنصرها را ایزوتوپ^۱ نامید.

اینکه چگونه يك عنصر ممکن است با اوزان اتمی متفاوت موجود باشد مسئله ای بود که تا سال ۱۹۳۲ روشن نشد. در این سال فیزیکدانی انگلیسی به نام جفر چادویک^۲ با کشف ذره اتمی نوی موضوع را روشن ساخت، این ذره «نوترون» است که جرمش برابر پروتون است، ولی بار الکتریکی ندارد. از اینجا معلوم شد که هسته يك اتم تقریباً همیشه همراه پروتون، نوترونهایی نیز دارد.

اکنون ساده ترین مورد را مورد بررسی قرار می دهیم و آن هسته ای است که يك پروتون و يك نوترون دارد. از آنجا که فقط يك بار الکتریکی مثبت در هسته اتم هست، اتم فقط يك الکترون در بیرون هسته خواهد داشت. از نظر خواص شیمیایی اتم، الکترون مهم ترین جزء است و هسته مستقیماً تأثیری در خاصیت شیمیایی اتم ندارد. فعالیت شیمیایی هر عنصری به تعداد و ترتیب الکترونهایش بستگی دارد و همین امر گویای آن است که اتم چه ترکیبهایی می تواند به وجود آورد.

پس هیدروژن هیدروژن است چون يك الكترون دارد و بر همین قیاس برای دیگر عنصرها. اتم هیدروژن همیشه فقط يك پروتون دارد که با يك الكترونش از نظر بار الکتریکی برابری کند. اما هسته هیدروژن ممکن است يك یا دو نوترون هم داشته باشد. هیدروژن معمولی نوترونی درهسته‌اش ندارد. هر نمونه از هیدروژن که در طبیعت بررسی شود مقدار کمی از دو «ایزوتوپ» نادر هیدروژن هم به همراه دارد که یکی از آنها يك نوترون دارد و دیگری دو نوترون.

از اینجا معلوم شد که چرا هر عنصری چند جور است و اوزان اتمی آنها باهم تفاوت دارد. بدیهی است ایزوتوپی از هیدروژن که يك نوترون و يك پروتون درهسته‌اش هست دارای وزن اتمی ۲ است زیرا وزن نوترون تقریباً برابر وزن پروتون است. بر همین قیاس ایزوتوپی از هیدروژن که دو الکترون و يك پروتون دارد وزن اتمی اش ۳ است. همین جریان در باره گونه‌های هر عنصر صادق است: بدین معنی که اوزان اتمی ایزوتوپها نسبت به تعداد نوترونها درهسته متفاوت است. وجود نوترونهای بیشتر یا کمتر از معمول در هسته هر اتم تأثیری در خواص شیمیایی آن ندارد زیرا خواص شیمیایی وابسته به تعداد الکترونهاست، و تعداد الکترونها خود وابسته به تعداد پروتونهاست.

در مورد اورانیوم، هسته گونه معمولی این عنصر ۹۲ پروتون و ۱۴۶ نوترون دارد. پس تعداد نوکلئونها ۲۳۸ خواهد شد، (مجموع

ذرات هسته‌ای از پروتون و نوترون را نوکلئون گویند. پس وزن اتمی آن ۲۳۸ می‌شود. این گونه اورانیوم را «اورانیوم ۲۳۸» می‌گویند. گونه معروف اورانیوم که شکافته شدنی است «اورانیوم - ۲۳۵» است که ۳ نوترون کمتر دارد. این هسته ثبات کمتری دارد پس بیشتر رادیو اکتیو است، و نیمه عمر آن فقط ۷۰۰ میلیون سال است، و حال آنکه نیمه عمر اورانیوم - ۲۳۸ پانصد میلیارد سال است.

تئوری ایزوتوپ توانست به خوبی وجود ۴۰ گونه عنصر کشف شده میان اورانیوم و سرب را توجیه کند. این ۴۰ عنصر در واقع ایزوتوپهای، چند عنصر معدودند. ولی این تئوری مسئله دیگری را نیز روشن ساخت و آن این بود که چرا اوزان اتمی بیشتر عنصرها اعداد درست نبودند. دلیلش این بود که عنصرهای موجود در طبیعت مخلوطی از ایزوتوپها هستند.

ایزوتوپ فقط در عنصرهای رادیو اکتیو وجود ندارد بلکه بسیاری از عنصرهای با ثبات نیز صاحب چند گونه اتم مختلف از آب درآمدند. این مسئله به وسیله دستگاہی نشان داده شد که طیف نگار جرمی^۱ نام دارد و مخترع آن فیزیکدانی انگلیسی به نام فرانسیس ویلیام آستون^۲ دستیار تامسن بود. وی اتمهای باثبات را در میدان مغناطیسی پرتاب کرد. اتمها به تناسب وزن اتمی خود، راههای متفاوت در پیش گرفتند. آستون با این دستگاہ پیدا کرد که در عنصر نئون

$\frac{9}{10}$ اتمهای دارای وزن اتمی ۲۰ و $\frac{1}{10}$ اتمها دارای وزن اتمی ۲۲ هستند. از اینجا معلوم شد که چرا نئون وزن اتمی متوسطش ۲۰٫۲ است. (ایزوتوپ دیگری از نئون، نئون - ۲۱ بعداً پیدا شد ولی این ایزوتوپ به قدری نادر است که از دقت وزن اتمی عنصر نمی‌کاهد.)

۳۵٫۵ بودن وزن اتمی کلر نیز به همین روش روشن شد. $\frac{3}{4}$ اتمهای کلر وزن اتمی ۳۵ و $\frac{1}{4}$ وزن اتمی ۳۷ دارند. (دو نوترون اضافی). بنابراین می‌گوییم که کلر از دو ایزوتوپ ساخته شده که «عدد جرمی» آن ۳۵ و ۳۷ است.

در بعضی از موارد ایزوتوپهای غیر عادی به قدری نادرند که وزن اتمی عنصر درست می‌شود. مثلاً در نیتروژن فقط چهار اتم از میان ۱۰۰۰ اتم عدد جرمی ۱۵ دارد و بقیه همه نیتروژن - ۱۴ هستند. روی این اصل است که وزن اتمی نیتروژن درست نزدیک چهارده است.

معدودی از عناصر اتمهایی دارند که فقط دارای یک وزن اتمی هستند. مثلاً تنها گونه‌ای از فلئور که در طبیعت یافت شده «فلئور-۱۹» است. بنابراین وزن اتمی این عنصر درست ۱۹ می‌شود.

پس معلوم شد که پروت بر روی هم نظر غلطی اظهار نداشته بود. اگر می‌گفت که همه عناصرها از هسته هیدروژن (پروتون) ساخته شده‌اند، بسیار نزدیک به هدف بود. چیزی را که وی به حساب نیاورده و نمی‌توانسته‌است به تصور آورد نوترون بود. نوترون ذره‌ای هم وزن پروتون ولی تشخیص دشوار بود.

ترتیب منظم عناصرها

کشفیاتی که در فصل پیش بدانها اشاره کردم، به اصطلاح از اهمیت وزن اتمی کاستند. وزن اتمی بر روی هم از صفات قاطع تشخیص عناصرها نبود. مثلاً سه نوع سرب با سه وزن اتمی مختلف وجود داشت: سرب - ۲۰۶، سرب - ۲۰۷ و سرب - ۲۰۸ (که به ترتیب محصول نهایی تجزیه رادیوآکتیوی اورانیوم و اکتینیوم و توریوم بودند). علی‌رغم تفاوت اوزان اتمی، هر سه نوع سرب بودند و اگر از نظر شیمیایی نگاه کنیم سه قولوی یکسان بودند. بنابراین چه چیزی ممیز عناصرها از یکدیگر است؟ و چه چیزی سرب را سرب ساخته است؟

من در فصل پیش اشاره‌ای به پاسخ این پرسش کرده‌ام: سیمای واقعی يك عنصر را پروتونهای موجود در هسته می‌نمایانند. اما چیزی در علم به خودی خود محقق نمی‌نماید، بلکه کشفیات و اطلاعات با زحمت و کوشش حاصل می‌شوند. در اوایل دههٔ سال ۱۹۰۰ دانشمندان

اتمی مبهمترین تصور را از درون اتم داشتند و حتی وجود نوترونها مورد تردید بود.

پاسخ مسئله ساختمان عنصر، به طریق «ا کل از قفا» و با وسیله‌ای غیرمنتظره، یعنی اشعه x ، کشف شد.

فیزیکدانی انگلیسی به نام چارلز گلودر بارکلا^۱ چنین دریافت که هر عنصری اگر تحت تأثیر اشعه x قرار گیرد، آن را به صورت مخصوصی پراکنده می‌سازد. به عبارت دیگر هر عنصری يك «اشعه x مخصوص دارد» این موضوع فیزیکدان انگلیسی دیگری را که نامش هنری گوبین - جفری موزلی^۲ موسوم بود، بر آن داشت که به منظور بررسی مسئله، مطالعه‌ای منظم و اصولی درباره تأثیر اشعه x بر روی عناصرها به عمل آورد.

وی به تدریج که از جدول اسامی عناصرها پایین می‌رفت می‌دید که طول موج «اشعه x مخصوص» با افزایش وزن اتمی تدریجاً کوتاهتر می‌شود. وی چنین استنباط کرد که این طول موجها گویای اندازه مدار الکترونها به دور هسته اتم هستند. و بدین گونه استدلال کرد که که الکترونها به احتمال قوی سبب انتشار اشعه x هستند. هرچه الکترونها به هسته نزدیکتر باشند مدارشان کوتاهتر است و هرچه مدار به هسته نزدیکتر باشد طول موج اشعه x منتشره کوتاهتر می‌شود.

طول موج با افزایش وزن اتمی کاهش می‌یافت. بنابراین در

اتمهای سنگین تر الکترونها می بایست نزدیکتر به هسته بوده باشند. این سؤال پیش می آمد که «چه نیرویی آنها را نزدیکتر می کشد؟» قاعدتاً می بایست بار مثبت هسته بیشتر شود تا بار منفی الکترونها را جذب کند. با بیان دیگر بار الکتریکی هسته باید به ترتیب جدول تناوبی، از عنصری به عنصر دیگر افزایش یابد. منطقی ترین راه توجیه این مسئله آن است که فرض شود هر عنصری از عنصر قبلی خود یک واحد بار مثبت بیشتر دارد (یعنی یک پروتون دیگر).

جدول با هیدروژن آغاز می شود. هیدروژن یک بار مثبت دارد. بعد از آن هلیوم است (دو بار مثبت) و سپس لیتیوم (سه بار مثبت) و بر این قیاس. بدین طریق عنصرها را می توان بر حسب «عدد اتمی» یعنی تعداد بارهای مثبت هسته، مرتب کرد.

وقتی که کشف موزلی منتشر شد، شیمی دانها شروع کردند به عنصرها «عدد اتمی» دادن. جدول ۲۱ همه عنصرهای شناخته شده را به ترتیب افزایش عدد اتمی نشان می دهد. سنگین ترین عنصر شناخته شده اورانیوم بود که عدد اتمی آن ۹۲ بود.

معلوم شد که عدد اتمی در ترتیب دادن جدول عنصرها از وزن اتمی مفیدتر است. مثلاً از نظر وزن اتمی فاصله ای میان هیدروژن (۱.۰۰۸) و هلیوم (۴.۰۰۳) وجود داشت که عنصری با وزن اتمی در حدود ۳ به نظر می رسید، و حال آنکه اعداد اتمی آن دو ۱ و ۲ بودند که نشان می دهند اتم هیدروژن یک پروتون و اتم هلیوم دو

پروتون دارد، وامکان این نیست که عنصری میان آن دو موجود باشد. از سوی دیگر نبودن يك عدد اتمی در جدول معرف این بود که يك عنصر در جدول کسر است. حاصل آنکه استفاده از عدد اتمی همه عنصرهای مفقوده را به دقت شناساند و علت مفقود نبودن عنصرها را نیز روشن ساخت.

از این گذشته «سیستم عدد اتمی» این راز را نیز از پرده بیرون انداخت که چرا ناچار شدند بعضی از عنصرها را به خلاف ترتیب وزن اتمی آنها، در جای دیگر جدول تناوبی قرار دهند. اکنون دو مورد «تلوریوم» و «ید» را در نظر می گیریم. از نظر خصوصیات شیمیایی مندلیف ناگزیر شد تلوریوم را بالای ید قرار دهد، اگرچه وزن اتمی آن بیشتر بود. اکنون معلوم شد که بر اساس بار الکتریکی هسته، مندلیف حق داشت چنین کند. زیرا تلوریوم ۵۲ پروتون دارد و ید ۵۳ پروتون. علت سنگینی وزن اتمی تلوریوم این است که ایزوتوپهایش این عنصر را سنگین تر ساخته اند. تلوریوم هفت ایزوتوپ دارد و ایزوتوپی که بیش از همه وجود دارد سنگین ترین آنهاست یعنی «تلوریوم - ۱۲۸». ید از سوی دیگر فقط يك صورت دارد و آن «ید - ۱۲۷» است. بنابراین تلوریوم به صورتی که در طبیعت پیدا می شود اندکی سنگین تر از ید است.

نظیر همین جریان در مورد تغییر جای «ارگون - پتاسیم» و کبالت - نیکل» در جدول تناوبی صادق است. ارگون اندکی سنگینتر

از پتاسیم است و کبالت نیز اندکی از نیکل سنگین تر است و علت این سنگینی عدم توازن اوزان اتمی ایزوتوپهای آنهاست.

جدول ۲۱

عنصرها به ترتیب عدد اتمی

۱- هیدروژن	۳۲- ژرمانیوم	۶۳- اوروپیم
۲- هلیوم	۳۳- آرسنیک	۶۴- گادولینیوم
۳- هلیوم	۳۴- سلنیوم	۶۵- تر بیوم
۴- بریلیم	۳۵- بروم	۶۶- دیسپروزیوم
۵- بور	۳۶- کریپتون	۶۷- هولمیوم
۶- کربن	۳۷- روبیدیوم	۶۸- اربیوم
۷- نیتروژن	۳۸- استرونیوم	۶۹- تولیوم
۸- اکسیژن	۳۹- ایتریوم	۷۰- ایتربیوم
۹- فلئور	۴۰- زیرکونیوم	۷۱- لوتسیوم
۱۰- نئون	۴۱- نیوبیوم	۷۲- —
۱۱- سدیم	۴۲- مولیبدیوم	۷۳- تانتالوم
۱۲- منیزیوم	۴۳- —	۷۴- تنگستن
۱۳- آلومینیوم	۴۴- روتنیوم	۷۵- —
۱۴- سیلیسیوم	۴۵- رودیوم	۷۶- اوسمیوم

بقیه جدول ۲۱:

عنصرها به ترتیب عدد اتمی

۱۵- فسفر	۴۶- پالادیوم	۷۷- ایریدیوم
۱۶- گوگرد	۴۷- نقره	۷۸- پلاتین
۱۷- کلر	۴۸- کادمیوم	۷۹- طلا
۱۸- ارگون	۴۹- اندیوم	۸۰- جیوه
۱۹- پتاسیم	۵۰- قلع	۸۱- تالیوم
۲۰- کلسیم	۵۱- آنتیموان	۸۲- سرب
۲۱- اسکاندیوم	۵۲- تلوریوم	۸۳- بیسموت
۲۲- تیتانیوم	۵۳- ید	۸۴- پولونیوم*
۲۳- وانادیوم	۵۴- کزنون	۸۵- —
۲۴- کروم	۵۵- سریوم	۸۶- رادون*
۲۵- منگنز	۵۶- باریوم	۸۷- —
۲۶- آهن	۵۷- لانتانوم	۸۸- رادیوم*
۲۷- کبالت	۵۸- سریوم	۸۹- اکتینیوم*
۲۸- نیکل	۵۹- پراسئودیوم	۹۰- تورنیوم*
۲۹- مس	۶۰- ثودیومیوم	۹۱- —
۳۰- روی	۶۱- —	۹۲- اورانیوم*
۳۱- گالیوم	۶۲- ساماریوم	(*) فلزات رادیوآکتیو

عمر موزلی کفاف نداد تا ببیند کشف «اعداد اتمی» وی تا چه حد سودمند واقع شده است. وی در سال ۱۹۱۵ در ۲۷ سالگی، در جنگ «گالی پولی»^۱ به ضرب گلوله‌ای از پای درآمد. فقدان موزلی یکی از غم‌انگیزترین حادثه‌های تاریخی بود زیرا علم یکی از بهترین مغزهای خود را از دست داده است.

۹۲ عنصر

جدول ۲۱ همه عنصرهایی را که در زمان حیات موزلی می‌شناختند نشان می‌دهد. فلزاتی که عدد اتمی آنها بیشتر از ۸۳ است رادیو آکتیو بودند. از این عنصرهای سنگین، فقط توریوم و اورانیوم عمر طولانی دارند. شیمی‌دانها یقین کردند که عنصرهای مفقوده ۸۵ و ۸۷ و ۹۱ از عنصرهای رادیو آکتیو دارای عمر کوتاهاست و به احتمال قوی این عنصرها محصولات حد واسط تجزیه اورانیوم و توریوم اند.

در سال ۱۹۱۷ رد عنصر ۹۱ را یافتند و معلوم شد که پیشگویی فوق درست بوده است. کاشفان این عنصر دو نفر به نامهای **اوتوهان**^۲ و **لیز مایتنر**^۳ بودند (این دو دانشمند بعدها به سبب کشف شکافته شدن اورانیوم مشهورتر شدند). **هان** و **مایتنر** که در برلین به تحقیق مشغول بودند سنگ معدن اورانیوم را تحت تأثیر اسید گرم قرار دادند تا عنصرهایش را جدا سازند. پس از آنکه همه رادیوم و دیگر عنصرهای

رادیو آکتیو شناخته شده را جدا ساختند، عنصر رادیو آکتیوی باقی ماند که معلوم شد عنصر ۹۱ است. این عنصر به اکتینیوم تجزیه شد و روی این اصل آن را «پروتا کتینیوم»^۱ نامیدند. سادی و بعضی از همکارانش پروتا کتینیوم را به طور مستقل پیدا کردند ولی هان و مایتنر زودتر کشف خود را به چاپ رسانیدند و منتشر ساختند.

دانشمندان اتمی اطمینان حاصل کرده بودند که عنصرهای بعد از ۹۲ (اورانیوم) عمر کوتاه داشته اند، و اثری از آنها در طبیعت باقی نمانده است. بنابراین اورانیوم از هر جهت آخرین عنصر جدول تناوبی بود، و جهان از ۹۲ عنصر ساخته شده بوده است.

هنوز چند جای خالی، یعنی چند عنصر باقی مانده بود که جویندگان عنصرها می بایست آنها را پیدا می کردند. از میان این عنصرها دو عنصر خاکی نادر یعنی عنصرهای دارای اعداد اتمی ۶۱ و ۷۲ بودند.

اوربن کاشف لوتسیوم در اوایل دهه ۱۸۰۰ پنداشته بود که که عنصر ۷۲ را در مواد خاکی نادر یافته است و آن را «سلتیوم»^۲ نامیده بود، ولی آزمایشی که با اشعه x به عمل آمد نشان داد که سلتیوم مخلوطی از لوتسیوم و ایتربیوم بوده است. کشف اوربن جزء یکی از ادعاهای نادرستی بود که گنجایش این کتاب کافی برای شرح آنها نیست.

سرانجام فیزیکدان هلندی نیلس بوهر^۱، از مطالعه ترتیب الکترونها در اتم به این نتیجه رسید که عنصر ۷۲ در ردیف IVa مجاور زیر کونیوم قرار دارد پس باید به فلز شبیه باشد. همین طور هم شد. در سال ۱۹۲۳ فیزیکدان آلمانی دیرک کوستر^۲ و شیمی دان مجارستانی گ. فن هوزی^۳ که در کپنهاک سرگرم مطالعه بودند، مقصداری از زیر کونیوم به ظاهر خالص را با اشعه x مورد آزمایش قرار دادند. اشعه x عنصر دیگری نشان داد که بسیار شبیه زیر کونیوم و با آن مخلوط بود. این فلز را «هافنیوم»^۴ نامیدند. هافنیوم فلزی بسیار نادر نیست و علت اینکه زودتر از این پیدا نشد این بود که دوقولوی شیمیایی زیر کونیوم است.

سه شیمی دان آلمانی به نامهای والتر نوداک^۵ و ایداتا که^۶ و اوتوبرگ^۷ بررسی منظمی به وسیله اشعه x از بعضی کانیها به عمل آوردند تا مگر عنصرهای نو بیابند. و در سال ۱۹۲۵ به سبب کشف عنصر ۷۵ به اخذ جایزه توفیق یافتند. عنصر ۷۵ را «رنیوم»^۸ نامیدند. این عنصر رادیو آکتیو نبود و آخرین عنصر ثابتی است که کشف گردیده است.

جدول ۲۲ اسامی عنصرهای نوی را که در دهسال بعد از موزلی

۱ - Nils Bohr ۲ - Dirk Coster ۳ - G. Von Hevesy
 ۴ - Hafnium به نام لاتینی کپنهاک ۵ - W. Noddack ۶ - I. Tacke
 ۷ - O. Berg ۸ - Rhenium

کشف شده اند نشان می دهد.

جدول ۲۲

عنصرهایی که در دهسال بعد از موزلی کشف شده اند

عنصر	علامت اختصاری	عدد اتمی	وزن اتمی	سال کشف	کشف
پروتاکتیوم	Pa	۹۱	۲۳۱	۱۹۱۷	هان - مایتر
هافنیوم	Hf	۷۲	۱۷۸٫۵۰	۱۹۲۳	کوستر - هوزی
رنیوم	Re	۷۵	۱۸۶٫۲۲	۱۹۲۵	نوداک - تاکه - برگ

پس تا سال ۱۹۲۵ جستجوی عنصرها به کشف ۸۸ عنصر انجامید که ۸۱ عنصر ثابت و هفت عنصر رادیو اکتیو بودند. فقط چهار عنصر کسر بود که اعداد اتمی آنها ۴۳ و ۶۱ و ۸۵ و ۸۷ بودند. در دهه بعد بسیاری از جویندگان عنصرها پنداشتند که بعضی از این عنصرها را یافته اند ولی معلوم شد که ادعایشان نادرست است. آخرین چهار عنصر گریزپا تا فرارسیدن «عصر اتم» کشف نشده باقی ماندند.

لایه های الکترونی

در این جریان نیلس بوهر در کپنهاک راز جدول تناوبی را کشف کرد. بدیهی است که مندلیف نمی دانست چرا عنصرها به دوره و ردیفها

و گروه‌های نزدیک به هم تقسیم شده‌اند. توجیه آن نتیجهٔ کوشش چند نسل شیمی‌دان بود. بوهر پاسخ این پرسش را در ترتیب الکترونیهای اتمها پیدا کرد.

وی این موضوع را از تصاویر طیفی عناصرها به دست آورد. وضع خطوط این فکر را در وی به وجود آورد که الکترونیهای که دور هستهٔ اتم می‌گردند در مدارها یا «لایه‌هایی» محدودند و در هر لایه تنها جای چند الکترون است. نخستین لایه فقط می‌تواند دو الکترون داشته باشد. به این حساب هیدروژن که يك الکترون و هلیوم که دو الکترون دارد فقط يك لایهٔ الکترونی دارند. پس از آنکه الکترونیهای این لایه کامل شدند، الکترونیهای اضافی لایهٔ دوم می‌به وجود می‌آورند که گنجایش ۸ الکترون دارد. پس شش عنصر بعدی دو لایه الکترون دارند. سپس لایهٔ سوم هست که گنجایش ۸ الکترون دارد و برای این قیاس.

این مسئله تا چه حد با جدول تناوبی جور در می‌آید؟ هر لایه معرف يك دوره بود. نیز هر ردیف نشان می‌داد که همهٔ عناصرهای آن در آخرین لایه الکترون برابر دارند.

تعداد الکترونیهای موجود در خارجی‌ترین لایه مهمترین عامل مشخص‌کنندهٔ خواص شیمیایی عنصر است. این لایه ظرفیت عنصر را مشخص می‌سازد و معلوم می‌دارد که عنصری چگونه با دیگر عناصرها

ترکیب می‌شود.

مثلاً ردیف Ia رادر نظر می‌گیریم. هیدروژن يك الكتروندارد. عنصر بعدی ردیف لیتیوم است (عدد اتمی ۳) که سه الكتروندارد. دو الكتروندرد نخستین لایه و يك الكتروندرد دومین لایه. بعد از آن سدیم است (عدد اتمی ۱۱) که ۱۱ الكتروندارد. دو الكتروندرد لایه اول، ۸ الكتروندرد لایه دوم و يك الكتروندرد لایه سوم. همین جریان در مورد عناصرهای دیگر ردیف Ia صادق است: پتاسیم يك الكتروندرد آخرین لایه دارد (چهارمین) و روبیوم يك الكتروندرد آخرین لایه دارد (پنجمین) و سزیوم يك الكتروندرد آخرین لایه دارد (ششمین). پس خویشی عناصرها از آنجا معلوم است که (به استثنای هیدروژن که از بسیاری جهات منحصر به فرد است) همه يك خانواده به وجود می‌آورند و آن خانواده «فلزات قلیایی» است.

به همین صورت همه عناصرهای قلیایی خاکی مانند بریلیوم و منیزیوم و کلسیم و استرونیوم و باریوم و رادیوم دو الكتروندرد خارجی‌ترین لایه خود دارند. هالوژنها یعنی فلوئور و کلر و بروم و ید هفت الكتروندرد لایه خارجی دارند (همه در ردیف VIIb هستند). لایه خارجی محتوی هشت الكتروندرد نشانه بی‌اثر بودن است. مانند گازهای نئون و آرگون و کریپتون و کزنون و رادون. درباره دیگر ردیفها نیز جریان بر همین قیاس است.

مدل لایه الكترونی بوهر بعداً تغییر کرد. بدین معنی که معلوم

شد هر لایه‌ای به چند لایه جزء تقسیم شده است تصور این لایه‌های جزء بعضی از حالات استثنایی را توجیه می‌کرد و آن مواردی از خویشاوندی بود که با تئوری لایه‌های الکترونی منافات داشت. مثلاً آهن و کبالت و نیکل همه ظرفیت یکسان دارند و اگر چه به ترتیب دارای ۲۶ و ۲۷ و ۲۸ الکترون هستند از نظر شیمیایی همانند. پس چگونه ممکن است که تعداد الکترونهای لایه خارجی آنها یکسان باشد و حال آنکه هر یک الکترونی بیش از دیگری دارد؟ پاسخ این پرسش این است که الکترونهای اضافی در لایه خارجی نیست بلکه در لایه جزء درون لایه خارجی است، و لایه خارجی در هر سه یکسان است. حاصل آنکه سیمای کلی عنصرهای جدول تناوبی به قرار زیر است: هر چه عدد اتمی بیشتر می‌شود، الکترونها با نظم معین، قبل از شروع لایه بعدی، همیشه لایه قبلی را پر نمی‌کنند به طوری که بعضی از الکترونها در حالی که لایه قبلی هنوز جا دارد، به لایه خارجی نو می‌روند. واقع امر این است که تا دو لایه قبل از لایه خارجی ممکن است جای خالی موجود باشد. سپس در بعضی نقاط جدول، الکترونهای اضافی به جای آنکه به لایه خارجی بروند جاهای خالی لایه‌های داخلی را پر می‌سازند.

این همان چیزی است که در سری عنصرهای خاکی نادر دیده می‌شود. در این عنصرها، هر الکترون اضافی به لایه‌ای که از لایه خارجی دو لایه عقب‌تر قرار دارد، می‌رسد. بنابراین همه ۱۴ عنصر در

لایهٔ خارجی خود صاحب الکترونهاى برابر مى‌شوند. الکترون اضافى مشخص هر عنصر بعدى، چنان در لایه‌هاى عمقى مدفون است که در خواص شیمیایی عنصر تغییری به وجود نمى‌آورد. بدین سبب است که همهٔ عناصرهاى خاکی نادر، که از لانتانوم شروع مى‌شوند، این همه به یکدیگر شباهت دارند.

عنصرهایی که به دست آدمی ساخته شده‌اند

سرانجام انسان چنان به شناسایی عنصرها توفیق یافت که توانست به دست خود عنصرهایی بسازد. آدمی قرن بیستم کیمیاگری شد که در کار خود کاملاً وارد بود.

ابتدا چهار عنصر در جدول تناوبی وجود نداشت. واقع امر این بود که این عنصرها در طبیعت هم وجود نداشتند. پس دانشمندان ناگزیر بودند که این عنصرها را به دست خود بسازند تا بتوانند آنها را مورد مطالعه قرار دهند.

چنانکه اشاره کرده‌ام در سال ۱۹۱۹ ارنست رازرفورد نیتروژن را به وسیله بمباران با ذرات آلفا به اکسیژن تبدیل کرد. از این کار رازرفورد این نتیجه حاصل شد که برای تغییر دادن عنصری باید مصنوعاً ذرات هسته‌اش را کم یا زیاد کرد.

نخستین ایزوتوپی که به دست آدمی ساخته شد با روش رازرفورد

بود. سازنده‌های این ایزوتوپ نو ایرن کوری^۱، دختر ماری و پیر کوری مشهور و همسرش فردریک ژولیو^۲ بودند. (ژولیو برای بقای نام کوری پس از ازدواج با ایرن نامش را ژولیو کوری گذاشت.)
ژولیو کوری و ایرن آلومینیوم را با ذرات آلفا بمباران کردند. این حمله بخشی از آلومینیوم را به ماده‌ای که بسیار رادیو آکتیو بود تبدیل کرد. معلوم شد که این عنصر نوع جدیدی از فسفر است. وزن اتمی آن ۳۰ بود و حال آنکه فسفر طبیعی ۳۱ است. (چنانکه کشف نوترون بعداً نشان داد، هسته فسفر-۳۰ دارای ۱۵ نوترون است در صورتی که فسفر طبیعی ۱۶ نوترون در هسته دارد.)

اینکه فسفر-۳۰ در طبیعت موجود نبود تعجبی نداشت زیرا «نیمه عمر» آن ۲٫۵ دقیقه بود. به هر حال ژولیو کوری و ایرن برای نخستین بار «عنصر رادیو آکتیو مصنوعی» ساخته بودند. ایرن هم مانند مادر خود در سال ۱۹۳۵ با همسرش به دریافت جایزه نوبل در شیمی نایل آمد.

آخرین جاهای خالی پر شدند

عصر استحاله مصنوعی در واقع از زمانی شروع شد که ارنست اورلاندو لارونس^۳ به سال ۱۹۳۱ در دانشگاه کالیفرنیا نخستین «اتم شکن» یعنی «سیکلوترون»^۴ را ساخت. با ساخته شدن سیکلوترون و

۱- Irene Curie ۲- F. Joliot ۳- E. O. Lawrence ۴- Cyclotron

ذرات شتاب دهنده^۱ پر انرژی که بعداً فراهم شد، گشودن هسته اتم ممکن گردید و توانستند ذراتی بدان بیفزایند و حتی ذراتی نو به وجود آورند.

نخستین عنصری که از این راه به وجود آوردند عنصر شماره ۴۳ بود. ادعای کشف این عنصر در سال ۱۹۲۵ به وسیله نواک و تاکه و برگ عنوان شده بود و این دانشمندان عنصر ۴۳ را «ماسوریوم»^۱ نامیدند. ولی کسی نتوانست در موادی که آنها مدعی کشف ماسوریوم بودند چنین عنصری بیابد؛ پس کشف آنها همچنان مورد تردید باقی ماند و بعداً معلوم شد که اشتباه بوده است. در سال ۱۹۳۷ امیلیو ژینوسگره^۲ در ایتالیا، که از پرکارترین جویندگان عنصر بود، عنصر ۴۳ واقعی را شناخت.

لاورنس نمونه‌ای از مولیبدیوم (عنصر ۴۲) را با پروتون‌هایی که توسط سیکلوترون شتابدار ساخته بود بمباران کرد. سرانجام ماده رادیو آکتیوی پیدا کرد که به ایتالیا برای سگره فرستاد تا تجزیه کند. سگره و دستیارش س. پریه^۳ دنبال رادیو آکتیوی را تا بدانجا دنبال کرد که به عنصری شبیه منگنز رسید. از آنجا که عنصری مفقود در جدول تناوبی پهلوی منگنز بود، وی اطمینان یافت که این عنصر همان ۴۳ است.

۱- Masurium به مناسبت نام ناحیه‌ای از پروس شرقی.

۲- E. G. Segre ۳- C. Perrier

بعداً معلوم شد که عنصر ۴۳ چند ایزوتوپ دارد. جالب این بود که همه رادیوآکتیو بودند و هیچ ایزوتوپی از آنها باثبات نبود! بسیار مایهٔ تعجب بود که همهٔ عنصرهای جدول تا بیسموت (شماره ۸۳) حداقل یک ایزوتوپ باثبات داشتند و کسی نمی دانست عنصری که شماره اتمی اش ۴۲، یعنی این قدر کم است، چرا باید رادیوآکتیو باشد!

با وجود همهٔ اینها واقعیت را نمی توان انکار کرد. عنصر ۴۳ کلاً بی ثبات بود. ایزوتوپی از آن که دارای عمر دراز است و جرمش عدد ۹۹ است، نیمه عمرش فقط اندکی از ۲۰۰۰۰۰ سال بیشتر است. بنا بر این همهٔ این عنصر که در طبیعت به وجود آمده بود در همان اوایل تاریخ میلیاردها سالهٔ سیارهٔ کهنسال ما تجزیه شده و از میان رفته بود.

سگره عنصر ۴۳ را «تکنسیوم»^۱ نامید زیرا نخستین عنصری بود که به دست آدمی ساخته شده بود.

دومین عنصر مفقوده ای که می بایست کشف می شد عنصر ۸۷ بود. این عنصر در طبیعت به دست آمد. در سال ۱۹۳۹ مارگریت پری^۲ شیمی دان فرانسوی نوعی پرتو رادیوآکتیو میان محصولات حاصل از تجزیهٔ اکتینیوم پیدا کرد. پرتو از عنصری بود که خواص فلز قلیایی داشت. بنا بر این می بایست عنصر ۸۷، یعنی عضو مفقودهٔ خانوادهٔ فلزات

قلیایی بوده باشد. زن فرانسوی آن را «فرانسیوم»^۱ نامید. مقدار فرانسیومی که وی پیدا کرده بود بینهایت کم بود. این عنصر بعدها به طور مصنوعی تهیه شد و آن وقت شیمی دانها توانستند از آن به مقدار کافی به دست آورند و مورد مطالعه قرار دهند. روی این اصل است که «فرانسیوم» را هم عنصری مصنوعی می‌شناسند. سگره بار دیگر به کشف عنصر مفقوده^۲ دیگر توفیق یافت. وی ایتالیای فاشیست را در سال ۱۹۲۸ ترک گفت و به آزمایشگاه پرتوافکنی دانشگاه کالیفرنیا رفت. در آنجا با دو همکار خود د. ر. کورسون^۳ و ک. ر. ماکنزی^۴ به بمباران بیسموت به وسیله ذرات آلفا پرداخت، و با این عمل توانست دو پرتون از ذرات آلفا را به هسته بیسموت بیفزاید و عنصر ۸۵ را به وجود آورد. چون این عنصر ایزوتوپ باثباتی نداشت آن را «استاتین»^۴ نامیدند. بعدها مقدار بسیار کمی از استاتین در طبیعت پیدا کردند که محصول تجزیه اورانیوم بود.

پس در سال ۱۹۴۰ سه حفره از چهار حفره جدول تناوبی پر شد. عنصری که هنوز در جدول ۹۲ عنصری مفقود بود عنصر ۶۱ بود. این عنصر به طریقی کاملاً نو شناخته شد. این عنصر به طور اتفاقی پیدا شد و آن وقتی بود که به کشف شکافتن هسته توفیق یافتند.

۳- K. R. Mackenzie

۲- D. R. Corson

۱- Francium

۴- Astatine

پس از آنکه چادویک در سال ۱۹۳۳ نوترون را پیدا کرد، فیزیکدانها متوجه شدند که این عنصر ابزاری بسیار عالی برای تحقیق ساختمان هسته‌اتم و شاید ساختن عنصرهای نو است. زیرا چون نوترون ذره بی بار الکتریکی است ذرات دارای بار مثبت هسته، آن را از خود نمی‌دانند.

یکی از نخستین کسانی که هسته اتم را با نوترون بمباران کرد انریکو فرمی^۱ فیزیکدان مشهور ایتالیایی بود. در اواسط دهه ۱۹۳۰ فرمی و همکارانش در رم آزمایشهای بسیاری با نوترون انجام دادند. از آن میان اورانیوم را با نوترون بمباران کردند به این امید که عنصری ماورای اورانیوم به دست آورند. ابتدا پنداشتند که موفق شده‌اند ولی نتوانستند به ثبوت رسانند. آنچه آنها یافتند، عنصرهایی بودند که سالها آنها و سایر فیزیکدانها را دچار حیرت ساخته بودند. حاصل کوششهایی که برای کشف این راز به عمل آمده‌اند خود داستان جالبی است: **اتوهان** در آلمان کشف کرده بود که یکی از محصولات باریوم است. باریوم عنصری است که نصف وزن اتمی اورانیوم را دارد، همکار سابقش **لیزما یتنر**، که از دست نازیها به سوئد گریخته بود، متقاعد شد که بمباران اورانیوم به وسیله نوترون این عنصر را به دو نیم کرده است (دو نیمه اورانیوم) و نتیجه انقلابی را که گرفته بود با جرأت تمام منتشر ساخت. فرمی و سایر فیزیکدانان، که

بسیاری از آنان از دست دیکتاتورهای اروپا به ایالات متحده پناهنده شده بودند، سرانجام توانستند واکنش زنجیری شکستن اتم و بمب اتمی را به وجود آورند.

آنچه که در اینجا به بحث ما ارتباط دارد، شکسته شدن اورانیوم به دهها محصول گوناگون حد واسط است که بسیاری از آنها ایزوتوپهای نونا شناخته بودند. در سال ۱۹۴۸ سه شیمیدان آزمایشگاه ملی اوکریج^۱ به نامهای: جی. ا. مارینسکی^۲ و ل. ا. گلندن^۳ و س. د. کوریل^۴ عنصر ۶۱ را در میان محصولات حد واسط شکسته شدن اورانیوم پیدا کردند. همان طور که شیمی دانها می پنداشتند همه ایزوتوپهای این عنصر رادیو آکتیو بودند. آنکه عمر درازتر از همه داشت نیمه عمرش سی سال بود. پس تعجبی نداشت اگر در طبیعت پیدا نمی شد!

کاشفان عنصر ۶۱ آن را «پرومتیوم»^۵ نامیدند زیرا در کوره هسته‌ای دارای حرارت زیاد به وجود آمده بود. بدین طریق آخرین جای خالی جدول تناوبی پر شد. اما پرومتیوم آخرین کشف درباره عنصرها نبود.

۱ - Oak Ridge ۲ - J. A. Marinsky

۳ - L. E. Glendenin ۴ - C. D. Coryell

۵ - Promethium مشتق از کلمه Prometheus

آن سوی ۹۲

به هر حال عدد ۹۲ حد عنصرها نبود. فرمی که می‌پنداشت عنصر ۹۳ را ساخته و آن را «اورانیوم»-X نامید تا حدی ذیحق بود زیرا عنصرهای حد واسطی که از بمباران اورانیوم به دست آورده بود عنصر ۹۳ را دربر داشت، اگر چه وی آن را نشناخته بود.

در سال ۱۹۴۰ ادوین. م. مک میلان^۱ از دانشگاه کالیفرنیا پس از بمباران اورانیوم با نوترون آثاری از یک عنصر به دست آورد و پنداشت عنصر ۹۳ است. عنصر ۹۳ چگونه عنصری باید باشد؟ در دوره هفتم جدول تناوبی اکتینیوم (عنصر ۸۹) از نظر شیمیایی همانند لانتانوم بود. آیا این شباهت متضمن این معنی بود که اکتینیوم مانند لانتانوم، سر دسته یک دسته از عنصرهای خاکی نادر دیگر است؟ اگر چنین باشد لازم می‌آید که اکتینیوم و توریوم و پروتاکتینیوم و اورانیوم و عنصر ۹۳ از فلزات خاکی نادر باشند.

در آن موقع از خواص شیمیایی این عنصرها اطلاع درستی در دست نبود. تنها راهنمای شیمی دانه‌ها این بود که بعضی از خواص اورانیوم شبیه خواص تنگستن است و این خود معلوم می‌داشت که اورانیوم فلز خاکی نادر نیست. و اگر اورانیوم بعد از تنگستن در جدول قرار می‌گرفت عنصر ۹۳ می‌بایست مانند «رنیوم» بوده باشد، که در دوره ششم بعد از تنگستن هست.

مک میلان از سگره خواست که نمونه عنصر ۹۳ را بررسی کند. سگره بدین نتیجه رسید که عنصر ۹۳ به رنیوم شبیه نیست و به عنصر خاکی نادر شبیه تر است.

مک میلان و دستیارش فیلیپ آبلسون^۱ بزودی معلوم داشتند که ماده‌ای که با آن سروکار دارند عنصر ۹۳ است. مک میلان او را «نپتونیم»^۲ به نام نپتون سیاره بعد از اورانوس که (نام اورانیم از آن است) نامید.

هم نپتونیم و هم پلوتونیم خواص شیمیایی فلزات خاکی نادر را داشتند و نشان می‌دادند که عنصرهایی که با اکتینیوم شروع می‌شوند، سری دومی از فلزات خاکی نادر به وجود می‌آورند. به منظور تشخیص دوسری فوق، نخستین آن‌ها را (که بالانتانوم شروع می‌شود) «لانتانیدها»^۳ و دومین را «آکتینیدها»^۴ نامیدند.

ایزوتوپ نپتونیم که دارای عمر طولانی است و عدد جرمی اش ۲۳۷ است نیمه عمری متجاوز از دویلمیون سال دارد. از پلوتونیم و نپتونیم اولیه روی زمین هیچ گونه اثر قابل تشخیصی به دست نیامده است، ولی مقادیر بسیار کم آن‌ها در نتیجه نوترونهای اشعه «کیهانی» که مدام به اورانیم خاک و سنگها اصابت می‌کردند می‌بایست به وجود آمده باشد. آثاری از این عنصرها در کانیهای اورانیم تشخیص داده

Lantanides - ۳

Neptunium - ۲

Ph. Abelson - ۱

Actinides - ۴

شده‌اند.

اگر نپتونیم و پلوتونیم مصنوعاً تهیه می‌شوند، چرا که
عنصرهای دیگر از اورانیوم به وجود نیایند؟ تحت سرپرستی سیبورگ^۱
گروهی که در کالیفرنیا کار می‌کردند برنامه منظمی ترتیب دادند تا
ببینند این مسئله را تا کی می‌توانند دنبال کنند. برای این کار هر
عنصری را که از اورانیوم نتیجه می‌شد بمباران می‌کردند تا به عنصری
که عدد اتمی بیشتر داشت تبدیل کنند. کار دشواری بود و از عنصری
به عنصر دیگر دشوارتر می‌شد. نیمه عمر عنصرهایی که به دنبال هم به
وجود می‌آمدند کوتاهتر بود به طوری که جمع آوری مقدار کافی
عنصری برای ساختن عنصر بعدی دشوار می‌شد.

در سال ۱۹۴۴ سیبورگ و دو دستیارش ر. ا. جمنز^۲ و ل. ا.
مورگان^۳ موفق شدند عنصر ۹۵ را در نتیجه بمباران اورانیوم با ذرات
آلفا تولید کنند. از آنجا که عنصر ۹۵ در سری اول فلزات نادر خاکی
در ردیف اورپیوم بود آن را آمریسیوم^۴ نامیدند.

اندکی بعد در همان سال سیبورگ و جمنز و ا. گیورسو^۵ به
ساختن عنصر ۹۶ توفیق یافتند ولی این بار پلوتونیم را با ذرات آلفا
بمباران کردند. چون این عنصر معادل عنصر خاکی نادر گادولینیوم
(در دوره ششم) بود (و به نام گادولین از جویندگان عنصرها نامیده

۳- L. O. Morgan

۵- J. & A. Ghiorso

۲- R. A. James

۴- Americium مشتق از کلمه آمریکا

۱- Saborg

جدول ۲۳

عنصرهایی که به دست آدمی ساخته شده اند

عناصر	علامت اختصاری	عدد اتمی	سال کشف	کاشف
تکنسیوم	Tc	۴۳	۱۹۳۷	سگره - پریه
فرانسیوم	Fr	۸۷	۱۹۳۹	پری
استاتین	At	۸۵	۱۹۴۰	کورسون - ماکنزی - سگره
نپتونیم	Np	۹۳	۱۹۴۰	مک میلان - آبلسون
پلوتونیم	Pu	۹۴	۱۹۴۰	مک میلان - سیبورگ
آمریسیوم	Am	۹۵	۱۹۴۴	گروه امریکایی
کوریم	Cm	۹۶	۱۹۴۸	« «
پرومتیوم	Pm	۶۱	۱۹۴۸	« «
برکلیوم	Bk	۹۷	۱۹۴۹	« «
کالیفورنیوم	Cf	۹۸	۱۹۵۰	« «
انشانیم	Es	۹۹	۱۹۵۵	« «
فرمیوم	Fm	۱۰۰	۱۹۵۵	« «
مندلیویوم	Md	۱۰۱	۱۹۵۵	« «
نوبلیوم	No	۱۰۲	۱۹۵۷	گروه بین المللی
لاورنسیوم	Lw	۱۰۳	۱۹۶۱	« امریکایی

شده بود) آن را «کوریوم»^۱ به نام کوری‌ها نامیدند.

در سال ۱۹۴۹ سیبورگ و گیورسو و س. ج. تامپسون^۲ اعلام داشتند که در نتیجه بمباران «امریسیوم» با ذرات آلفا عنصر ۹۷ را ساخته‌اند. سال بعد سه محقق فوق با همکاری ک. استریت^۳ در نتیجه بمباران «کوریوم» با ذرات آلفا عنصر ۹۸ را به وجود آوردند. برای بزرگداشت نام محلی که در آن این دو عنصر کشف شدند عنصر ۹۷ را «بر کلیوم»^۴ و عنصر ۹۸ را «کالیفورنیوم»^۵ نامیدند.

عصرهای آخری از انفجار وحشتناک نخستین بمب هیدروژنی در ۱۹۵۲ به دست آمده‌اند. در بقایای این انفجار دانشمندان آثاری از عنصرهایی پیدا کردند که به نظر ۹۹ و ۱۰۰ می‌آمدند. این دو عنصر بعدها، یعنی در سال ۱۹۵۵ در آزمایشگاه ساخته شدند و وجودشان اعلام شد. در نامگذاری این دو عنصر، کاشفان به یاد بود انشتاین و فرمی عنصر ۹۹ را «انشتانیوم» و عنصر ۱۰۰ را «فرمیوم» نامیدند.

در سال ۱۹۵۵ گروهی از شیمیدانها از آن جمله سیبورگ و گیورسو، انشتانیوم را با ذرات آلفا بمباران کردند و چند اتمی از عنصر ۱۰۱ به وجود آوردند. این عنصر را برای بزرگداشت نام مندلیف «مندلویوم» نامیدند.

در سال ۱۹۵۷ گروههایی از شیمی‌دانهای ایالات متحده و

K. Street - ۳

S.G Thompson - ۲

Curium - ۱

Californium - ۵

Berkelium به نام شهر دانشگاهی - ۴

بریتانیای کبیر و سوئد گزارش دادند که موفق شده‌اند عنصر ۱۰۲ را به دست آورند. چون بخشی از این کار در انستیتوی نوبل استکهلم صورت پذیرفت نام آن را «نوبلیوم»^۱ گذاشتند.

در سال ۱۹۶۱ گروه شیمیدانهای امریکایی عنصر ۱۰۳ را ساختند. و آن را «لاورنسیوم»^۲ به نام لاورنس مخترع سیکلوترون نامیدند. با کشف لاورنسیوم سری عنصرهای خاکی نادر کامل شد. دانشمندان به جستجوی عنصر ۱۰۴ پرداختند به این امید که به هافنیوم، که اولین عنصر بعد از لاتانیدهاست شبیه باشد.

در جدول ۲۳، عنصرهایی را که به دست آدمی ساخته شده‌اند نشان داده‌ام و هم‌راديو اکتیو اند. وزن اتمی درست آنها را نمی‌توانیم تعیین کنیم زیرا در طبیعت وجود ندارند و از این گذشته همه ایزوتوپهای آنها شناخته نشده‌اند.

بنابر آنچه گذشت تا زمان نگارش این کتاب مجموع عنصرهای شناخته شده ۱۰۳ است. در جدول ۲۴ ترتیب آنها در جدول تناوبی دیده می‌شود (معمولاً جدول تناوبی را طوری می‌نویسند که دوره‌ها به‌وضع افقی قرار گیرند و ردیفها به‌وضع عمودی ولی من به‌عکس آن عمل کردم تا جای کافی برای نوشتن نام عنصرها داشته باشم و ناگزیر نباشم فقط علامت اختصاری آنها را نشان دهم.

آخرین کلام

جستجوی عنصرها تقریباً پایان یافته است. فقط این امکان هست که آثار ناپایداری از چند عنصر دیگر آن سوی لاورنسیوم، موجود باشد که در حال حاضر انسان قادر به ساختن آنها نیست. اما تالس همچنان در انتظار پاسخ پرسش خود هست: «جهان از چه ساخته شده است؟»

ظاهراً عنصرها از پروتونها و نوترونها و الکترونها ساخته شده اند. يك نسل پیش این پاسخ نهایی به سؤال تالس بود ولی در سی سال اخیر این پاسخ قاطع دچار ابهام شد. زیرا فیزیکدانها در حین تحقیق در باره ماهیت پروتونها و نوترونها و الکترونها متوجه شدند که ذرات حیرت انگیز و گیج کننده بسیاری از این اجزای اتم آزاد می شوند. در حال حاضر قریب ۳۰ نوع ذره مختلف «زیر اتمی»^۱ کشف شده است و به نامهای چون مسون^۲ و نوترینو^۳ و K و لامبدا^۴ و زیگما^۵ و کزی^۶ نامیده اند. اکنون دانشمندان با کمال شهامت در تقالای یافتن پاسخ همان پرسشند، منتها به صورتی نو: ذرات زیر اتمی از چه ساخته شده اند؟

رازهای جهان و پرسشهایی که دانشمندان را به یافتن پاسخ می-

دوره ہفتم	دوره ششم	دوره پنجم	دوره چہارم
* فرانسیوم - 87	سزیوم - 55	رویڈیوم - 37	پتاسیم - 19
* رادیوم - 88	باریوم - 56	استرونسیوم - 38	کلسیم - 20
* آکٹینیوم - 89	لانٹانوم - 57	ایتریوم - 39	اسکانڈیوم - 21
* توریوم - 90	سریوم - 58		
* پروٹاکٹینیوم - 91	پراسٹوڈیمیوم - 59		
* اورانیوم - 92	ٹھوڈیمیوم - 60		
* نپونیوم - 93	پرومیوم - 61		
* پلوٹونیوم - 94	سماہاریوم - 62		
* آمیریسیوم - 95	اورانیوم - 63		
* کوریوم - 96	گادولینیوم - 64		
* برکیلیوم - 97	تریوم - 65		
* کالیفرنیوم - 98	ڈیسپروزیوم - 66		
* انٹانیوم - 99	ھولمیوم - 67		
* فرمیوم - 100	اریوم - 68		
* منڈلویوم - 101	تولیوم - 69		
* نوبلیوم - 102	ایتریوم - 70		
* لاورنسیوم - 103	لوتھیوم - 71		
	ہافیوم - 72	زیرکونیوم - 40	ٹیتانیوم - 22
	ٹانتالیوم - 73	نیوبیوم - 41	وانادیوم - 23
	ٹنگسٹن - 74	مولیبڈنوم - 42	کرومیوم - 24
	رہنیوم - 75	* ٹکنسیوم - 43	منگنز - 25
	اوسمیوم - 76	روتھیوم - 44	آہن - 26
	ایریڈیوم - 77	رودیوم - 45	کبالت - 27
	پالانیوم - 78	پالادیوم - 46	نیکل - 28
	طلا - 79	نقرہ - 47	مس - 29
	جیوہ - 80	کادمیوم - 48	روی - 30
	تالیوم - 81	انڈیوم - 49	گالیوم - 31
	سرب - 82	فلح - 50	ژرمانیوم - 32
	بیسموٹ - 83	آنتیموان - 51	ارسنیک - 33
* پولونیوم - 84	تلوریوم - 52	سلیونیوم - 34	
* استاتین - 85	ید - 53	بروم - 35	
* رادون - 86	کزنون - 54	کریپٹون - 36	

* رادیو آکٹیو

جدول ۲۴

جدول تناوبی به صورتی که امروز دیده می شود.

	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم
Ia ردیف	هیدروژن - 1	لیتیم - 3	سدیم - 11
IIa ردیف		بریلیم - 4	منیزیم - 12
IIIa ردیف			
IVa ردیف			
Va ردیف			
VIa ردیف			
VIIa ردیف			
VIII ردیف			
Ib ردیف			
IIb ردیف			
IIIb ردیف		بور - 5	آلومینیوم - 13
IVb ردیف		کربن - 6	سیلیسیم - 14
Vb ردیف		نیتروژن - 7	فسفر - 15
VIb ردیف		اکسیژن - 8	گوگرد - 16
VIIb ردیف		فلور - 9	کلر - 17
0 ردیف	هلیوم - 2	نون - 10	آرگون - 18

کشاند، هیچ‌گاه پایان نمی‌پذیرند، و این خود موجب خوشوقتی است زیرا جهانی که در آن برای مردم کنجکاو، رازی وجود نداشته باشد جهانی خسته‌کننده خواهد بود.

پایان

انتشارات بنگاه ترجمه و نشر کتاب

مجموعه معارف عمومی

نام	اثر	ترجمه
۱- اقتصاد جلد اول	پل ساموئلسن	دکتر حسین پیرنیا
۲- جهان اسرار آمیز	سر جیمس جینس	ر. داوری
۳- پرسش و پاسخهای علمی	الن ولزوالپول	دکتر صدیقی و نصر اصفهانی
۴- روشهای نو در روانکاوی	کارن هورنی	سعید شاملو
۵- اسرار بدن	برنارد گلمسر	دکتر محمود بهزاد
۶- سفر به کرة ماه	ذغیو وچستر	مهین حصیبی
۷- تاریخ هرودوت	تلخیص و تنظیم ا. ج. اوانس	وحید مازندرانی
۸- رود زندگی	ایزاک آسیموف	انور شکی
۹- معنی زیبایی	اریک نیوتن	پرویز مرزبان
۱۰- تربیت نیروی انسانی	ویلیام مگهی	دکتر غلامرضا کیانپور
۱۱- زندگی ما به چه موادی وابسته است	ایزاک آسیموف	دکتر محمود بهزاد
۱۲- کشت و بازاریابی چای	س. آر. هارل	مهندس حسین پیروزی و ک. پرکار
۱۳- مقدمات روانکاوی	چارلز برتر	فرید جواهر کلام
۱۴- تن آدمی	ایزاک آسیموف	دکتر محمود بهزاد
۱۵- علم وراثت	شارلوت اوبرباخ	دکتر محمود بهزاد
۱۶- نسبت برای همگان	مارتین گاردنر	محمود مصاحب
۱۷- کشفیات نویسن در روانپزشکی	دکتر گلیفورد آلن	اسماعیل سعادت
۱۸- توسعه صنعتی	مورای. دی. برابیس	غلامرضا کیانپور
۱۹- دین و روان	ویلیام جیمز	مهدی قائمی
۲۰- فلسفه نظری جلد اول	-	چند مترجم
۲۱- الفبای رشد اقتصادی	رابرت ج. الکساندر	خسرو اسدی
۲۲- سفر بیکران	لورن آیسلی	مجید مسعودی
۲۳- اتم چیست	ایرام. فریمن	محمود مصاحب
۲۴- نظام صنعتی	چند نویسنده	ابوالقاسم ظاهری

ترجمه	اثر	نام
فریدون بدره‌ای	ساموئیل. ك. ادى	۴۵- آئين شمريارى
چند مترجم	-	۴۶- فلسفه نظرى جلد دوم
دکتر محمود بهزاد	مارگرت شى گليبرت	۴۷- بيوگرافى پيش از تولد
دکتر حسين فرهودى	اى. ف. ك. ارگانسكى	۴۸- سياست جهان
مهندس عليقلی بيانى	جى. اچ. جينز	۴۹- فيزيك و فلسفه
مسعود رجب‌نيا	ريچارد. ن. فرای	۳۰- ميراث باستانى ايران
ابراهيم على كنى	ر. م مك آيور	۳۱- جامعه و حكومت
دکتر حسين پيرنيا	پل ساموئلسن	۳۲- اقتصاد (جلد دوم)
چند مترجم	چند نويسنده	۳۳- فلسفه اجتماعى
دکتر محمود بهزاد	ايزاك آسيموف	۳۴- اسرار مغز آدمى
دکتر محمود بهزار	ايزاك آسيموف	۳۵- رمز تكوين
دکتر عبدالله فريار	دونالدین ويلبر	۳۶- معماری اسلامى
دکتر باهر فرقانى	دونالدن. ك. كرلى	۳۷- داروهای نوين
حبيب‌الله صحيحى	س. والتاين	۳۸- كودك عادى
ناهيد فخرايى	آدل ديوييس	۳۹- تغذيه و بهداشت
مهندس محمود پوزشى	تى. اف. گاسكل	۴۰- دنياى زير اقيانوسها
فریدون بدره‌ای	هنرى توماس	۴۱- بزرگان فلسفه
شكراله بزرگزاد	گرتروود ويليامز	۴۲- اقتصاد روزمره
ناهيد فخرائى	روزول گلدگر و	۴۳- مشكلات روحى جوانان
	هربرت هاريس	
دکتر محمود بهزاد	ايزاك آسيموف	۴۴- حيات و انرژی
محمد حيدرى ملايرى	جين بنديك	۴۵- الكترونيك براى جوانان
دکتر محمود بهزاد	ايزاك آسيموف	۴۶- فقط يك تریليون
محمد حيدرى ملايرى	بولاه تانن باوم و	۴۷- شناخت نور
	ميرا استيلمن	
ابوالقاسم قربانى	هنرى. م. نیلى	۴۸- مثلثها
دکتر محمود بهزاد	كليفورده. تى مورگان	۴۹- روانشناسى فيزيولوژيك
۴. ۱. تهرانى	كاميل فلاماريون	۵۰- نجوم
مهين ميلانى	اى. بى. كاسكل	۵۱- آموزش و پرورش كهن و نوين
حبيب‌الله صحيحى	كنت واكر	۵۲- فيزيولوژى انساني
ماه‌ملك بهار	برنارد لوئيس	۵۳- استانبول

This is an authorised translation of
The Search for the elements
by Isaac Asimov
Copyright (C) 1962 by Basic Books inc.
Published by Basic Books Inc.,
New York, New York.

Copyright 1971 by B. T. N. K.
Printed by Offset
Press Inc. Tehran Iran

General Knowledge Library

No. 54

THE SEARCH FOR THE ELEMENTS

by

ISAAC ASIMOV

Translated into Persian

by

Dr. M. Behzad



B.T.N.K.

Tehran, 1971



در این کتاب تاریخ ۲۶۰۰ ساله
کوشش نوع آدمی برای شناخت
ماهیت جهان، از تالس ملطی دانشمند
یونانی، طراح پرسش «جهان از چه
ساخته شده است» گرفته تا سی بورگ
امریکایی و همکارانش کاشف آخرین
عناصر، از کیمیاگری گرفته تا
اختراع اتم شکن، از جستجوی راز
تبدیل سرب به طلا گرفته تا ساختن
عصرهای مصنوعی، در قالب داستانی
شیرین، ضمن شناساندن چهره های
درخشان علم شیمی چون مندلیف و
مادام کوری به شما عرضه می شود.

