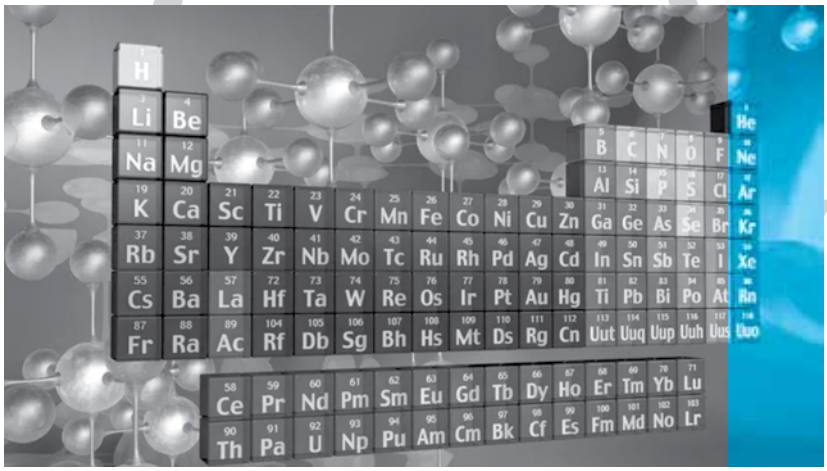
حاشیه‌نشینان گمنام

مهدیه سالارکیا
کارشناس ارشد شیمی آلی



اشاره

برای ساخته شدن هر خانه‌ای، باید ماه‌ها و شاید سال‌ها زمان سپری شود. گردآوری، آماده‌سازی و به‌کار گرفتن اجزای سازندهٔ یک بنا در برپا کردن آن، فرایندی دشوار و زمان‌بَر است. خانهٔ عنصرهای شیمیایی نیز با این تجربه بیگانه نیست. جدول دوره‌ای عنصرها در مدتی حدود ۱۵۰ سال، راهی بس طولانی را پیموده تا شکل کنونی را به خود پذیرفته است.

این جدول امروز، ۱۱۸ عنصر دارد و از قضا، عنصر ۱۱۸، عضو تازه‌وارد آن از سال ۲۰۰۲ بوده است و در ضمن، به‌عنوان آخرین عضو، در خانوادهٔ گازهای نجیب جای دارد. شاید چون آخرین عنصر شناخته‌شده و کامل‌کنندهٔ این گروه بوده، تصور کنیم که گروه گازهای نجیب، زمانی دراز را در گوشهٔ جدول دوره‌ای عنصرها، با خانه‌های خالی به سر برده است. تصوری منطقی است زیرا هر یک از گروه‌های این جدول، برای کامل شدن، مدت‌ها به انتظار کشف اعضای خود بوده‌اند اما برای گازهای نجیب، ماجرا از قراری دیگر است: اینکه از آغاز یعنی از همان زمان مندلیف، جایی برای این گروه، در جدول پیش‌بینی نشد. با اینکه در آغاز قرن هجدهم شواهدی از وجود این عنصرها به دست آمد اما تا پایان این قرن، هیچ یک از آن‌ها شناسایی نشدند. با چنین سرگذشتی، وصف این گروه از عنصرها با «گروه گمشده» یا «گروه دیرآشنا» از هر صفت دیگری برای آن شایسته‌تر به‌نظر می‌رسد.

کلید واژه‌ها: جدول دوره‌ای عنصرها، عنصرهای شیمیایی، گازهای نجیب، اثرهای نسبیتی، اوگانسون

▲ شکل ۱ ویلیام رامسی، کاشف ۴ گاز نجیب

مقدمه

اگر کشف یک عنصر جدید، نقطهٔ اوج فعالیت‌های علمی یک دانشمند باشد، ویلیام رامسی[۱] موقعیت خیره‌کننده‌ای در این زمینه داشته است. او نه‌تنها موفق به کشف چهار گاز نجیب شد، ایدهٔ قرار دادن آن‌ها را در یک گروه جداگانه، در جدول دوره‌ای عنصرها مطرح کرد؛ همان گروهی که تا آن زمان از قلم افتاده بود، شکل ۱.

با این حال، رامسی نخستین فردی نبود که به وجود این گازها پی برد. هنری کاوندیش[۲] در آغاز قرن هجدهم متوجه شد که پس از جدا شدن اکسیژن و نیتروژن از یک نمونه هوا، حدود $\frac{۱}{۱۲۰}$ از حجم نمونه، بدون انجام واکنش در ظرف باقی می‌ماند. تلاش‌های کاوندیش در تشخیص ماهیت مواد به‌جای‌مانده، به نتیجه‌ای نرسید و حتی تا یک قرن پس از آن، همچنان در ابهام باقی ماند. سرانجام در سال ۱۸۹۵، در پی بازنگری یافته‌های دانشمندان قبلی و تکرار آزمایش‌های کاوندیش، آرگون پیش از اعضای دیگر خانواده گازهای نجیب کشف شد و تا پنج سال پس از آن، بقیهٔ اعضای این گروه نیز شناسایی شدند و این در حالی بود که رامسی در جریان کشف همهٔ آن‌ها حضور داشت. پایین‌ترین عنصر این گروه که در طبیعت به‌طور طبیعی وجود دارد یعنی رادون، آخرین عنصری بود که در پایان این دورهٔ پنج‌ساله، به گروه پیوست.

شکل ۲ نمای دستگاهی که رامسی و رایلی برای خالص‌سازی آرگون به کار بردند. هوا در لولهٔ A، بالای حجم زیادی از یک باز ضعیف فشرده می‌شود. جرقهٔ الکتریکی از راه لولهٔ U شکل از میان باز می‌گذرد و به دهانهٔ لولهٔ A هدایت می‌شود. در نتیجه نیتروژن موجود در نمونهٔ هوا، اکسید و به‌صورت نیتروژن اکسید توسط باز جذب می‌شود و آرگون به تنهایی در لوله باقی می‌ماند.

سرگذشت کشف نجیبان بی‌خانمان!

فعالیت‌های رامسی در زمینهٔ کشف گازهای نجیب، از سال ۱۸۹۴ و در پی همکاری او با لرد رایلی[۳] آغاز شد. هنگامی که ویلیام استرات[۴] اعلام کرد نیتروژن به‌دست‌آمده از هوا، حدود ۰/۵ درصد از نیتروژن موجود در ترکیب‌ها سبک‌تر است، رامسی و رایلی به وجود گازی ناشناخته مشکوک شدند که احتمالاً نیتروژن را در ترکیب‌هایش همراهی می‌کرد. آن‌ها روش کاوندیش را در حذف اکسیژن و نیتروژن بررسی کردند که در آن، از تخلیهٔ الکتریکی برای اکسایش نیتروژن و تبدیل آن به $NO_۲$ استفاده شده بود تا سپس به کمک محلول سدیم هیدروکسید جذب، و از نمونه، خارج شود، شکل ۲. جدا کردن گاز اکسیژن نیز شامل استفاده از یک جاذب بود. [۱]

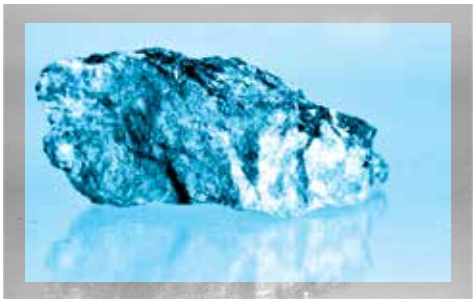
رامسی و رایلی تصمیم گرفتند کار کاوندیش را به روشی دیگر تکرار کنند. برای جدا کردن اکسیژن، از واکنش با مس بهره گرفتند و نیتروژن را در نتیجهٔ واکنش با منیزیم جدا کردند. آنچه از نمونه باقی مانده بود مورد بررسی دقیق قرار گرفت و به معرفی گازی جدید انجامید. رامسی برای آن، نام آرگون را برگزید که از واژه‌ای یونانی به معنی خنثی و بی‌اثر[۵] ریشه می‌گرفت. [۲]

قدیمی‌ترین گاز نجیب شناخته‌شده

با اینکه هلیم، به‌عنوان عضوی دیگر از گروه گازهای نجیب، پس از آرگون کشف شد، در جورچین مربوط به شناسایی آن، قطعه‌ای قدیمی وجود دارد که به یافته پیرجانسن[۶] در سال ۱۸۶۸ اشاره می‌کند:

کشف یک خط زرد درخشان در طیف خورشید، با طول موج حدود ۵۸۷nm. بنابراین هلیم به‌عنوان عنصری که در خورشید وجود دارد در این زمان شناخته شد.

در فوریهٔ سال ۱۸۹۵، یک سال پس از کشف آرگون، هنری‌می‌یرز[۷] توجه رامسی را به ویژگی غیرعادی یک مادهٔ معدنی به نام «کلویت»[۸]، حاوی اورانیم دی‌اکسید جلب کرد، شکل ۳. ویلیام هیلبراند[۹] متوجه شده بود گرم کردن کلویت در سولفوریک اسید، آزاد شدن گازی واکنش‌ناپذیر را در پی دارد که به نظر می‌رسد نیتروژن باشد. البته پیش از این، ویلیام فرانسیس[۱۰] نیز به تشکیل گاز در نتیجه حل شدن مواد معدنی اورانیم‌دار در اسید پی برده بود. [۱]



▲ شکل ۳ کلویت از انواع سنگ معدن اورانینیت، نخستین منبع هلیم بود که روی زمین شناخته شد. در نتیجه تلاشی اورانیم، هلیم در این سنگ معدن تولید می‌شود و در آن باقی می‌ماند.

در پی بازنگری یافته‌های دانشمندان قبلی و تکرار آزمایش‌های کاوندیش، آرگون پیش از اعضای دیگر خانواده گازهای نجیب کشف شد

رامسی با توجه به این یافته‌ها نمونه‌ای از گاز هیلبراند تهیه کرد و دو روز به جدا کردن گازهای شناخته‌شده از نمونه، مشغول بود. هنگامی که همه گازها به جز آرگون جدا شـدند، مشاهده کرد طیف گاز موجود در نمونه، با طیف آرگون متفاوت است ولی در عوض، خط طیفی زردرنگی را در بر دارد که نخستین بار توسط جانسن، در طیف خورشید مشاهده شد. رامسی نتیجه گرفت که این گاز، همان هلیم است و به این ترتیب وجود هلیم در زمین به اثبات رسید. این کشف در سال ۱۸۹۵ به انجمن شیمی لندن گزارش شد. [۲]

شـکل ۴ فردریک ارنسـت دورن در جریان بررسی واکنش‌های زنجیره‌ای مربوط به تلاشی رادیم، رادون را کشف کرد.

ثبت کشف‌های هم‌زمان و غافلگیرانه

یکه‌تـازی در عرصهٔ کشـف گازهای نجیب تا سـال ۱۸۹۸، همچنان رامسـی را همراهی می‌کـرد. وی با همکاری موریس تراورس[۱۱] نمونه‌ای از هوا را تا تبدیل آن به مایع، سرد کرد.

پس از آن، مایع به‌دسـت‌آمده را جوشاند و نئون، کریپتون و زنون را به دام انداخت.

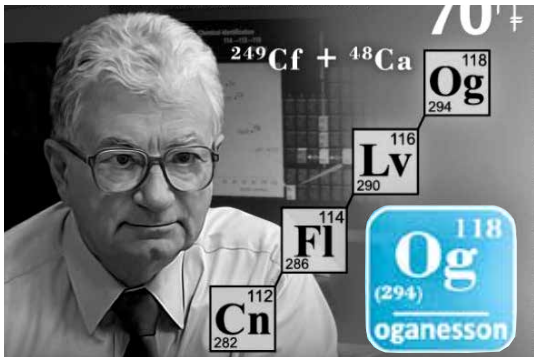
کشف رادون

در سال ۱۹۰۰، فردریک دورن[۱۲] آخرین عنصر طبیعی از گروه گازهای نجیب را کشـف کرد، شـکل ۴. او در آزمایشی متوجه شـد ترکیب‌های حاوی رادیم، گازی پرتوزا آزاد می‌کنند. دورن این گاز را «نیترون»[۱۳] نامید. در سـال ۱۹۲۳ کمیتهٔ بین‌المللی عنصرهای شیمیایی و انجمن آیوپاک تصمیم گرفت این عنصر را رادون بنامد.

اوگانسون؛ عضو نجیب اما جامد

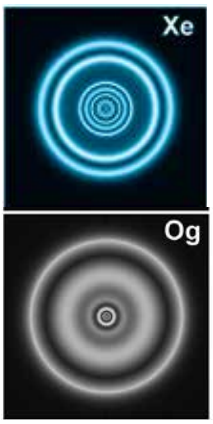
آخریـن عنصـر در جـدول دوره‌ای با عدد اتمـی ۱۱۸، در پایین‌تریـن خانهٔ گـروه گازهای نجیب قرار گرفته اسـت. این عنصر که به حالت طبیعی وجود ندارد و در سـال ۲۰۰۲ به‌طور مصنوعی در آزمایشگاه ساخته شد، به افتخار نام کاشف آن یوری اوگانسین[۱۴]، اوگانسون[۱۵] نام گرفته است، شکل ۵.

اوگانسـون پرتوزا و به شدت ناپایدار است که نیم‌عمری کمتر



▲ شکل ۵ یوری اوگانسین، سازنده گاز نجیب جامد

از یک میلی‌ثانیه دارد. از این رو، تا سـال ۲۰۰۵ دانشـمندان توانستند تنها چهار اتم از اوگانسون تهیه کنند. در حالی که برای بررسی چنین عنصر سنگین و ناپایداری با روش‌های شیمیایی، نیـاز بـه مجموعه‌ای شـامل صد تریلیون اتم اوگانسـون بود. بنابراین دانشـمندان در تعیین ساختار اتم و هسـتهٔ چنین عنصری چاره‌ای جز استفاده از محاسـبات نداشتند. بنا به این بررسـی‌ها پیش‌بینی شد که اوگانسـون باید حالت جامد داشته باشـد: عضوی جامد در یک خانوادهٔ گازی!

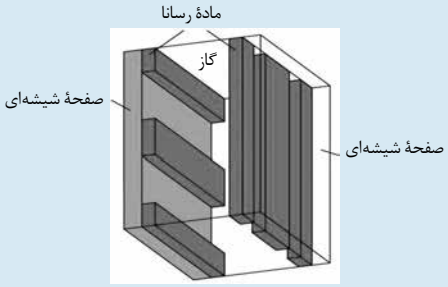


▲ شـکل ۶ تابع الکترونی برای زنون و اوگانسـون.لایه‌های الکترونی در زنون به‌طور مشخص دیده می‌شوند اما در اوگانسون به‌صورت یک‌پارچه‌اند.

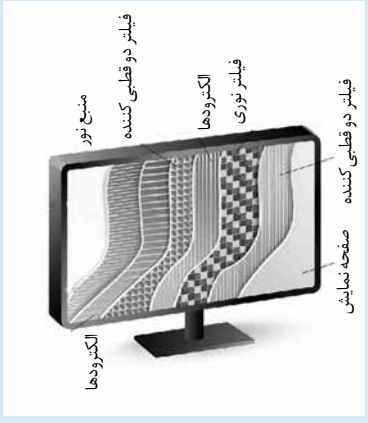
دانشـمندان این واقعیـت را به کمک اثرهـای نسـبیتی توضیح داده‌اند. بنا به مـدل اتمی بور، در

کاربرد گازهای نجیب

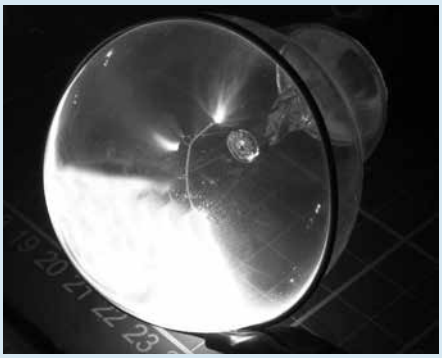
آ. به دلیل کـم بودن انحلال‌پذیری گاز هلیم در سـیال‌ها و چربی‌ها، به‌عنوان یکی از اجزا در کپسول‌های تنفسی مناسب غواصی، وجود دارد.



ب. استفاده از کریپتون در پنجره‌های دو جداره، تا ۳۰ درصد باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. این گاز به‌عنوان منبعی برای سوخت و تولید لیزر نیز کاربرد دارد.



پ. پیش‌بینی می‌شود صفحه‌های نمایش از جنس پلاسما که با زنون پُر می‌شـوند، در آینده جـای لوله‌های تصویری تلویزیون و صفحه نمایش رایانه‌ها را بگیرند.



ت . آرگـون به‌عنوان گاز پرکننده لامپ‌های فلورسـنت به‌کار مـی‌رود. کم بودن رسـانایی گرمایی این گاز، توجه سـازندگان پنجره‌های دو جداره را به استفاده از آن جلب کرده است.

ساختار اتمی همهٔ عنصرها الکترون‌هـا در فاصلهٔ معینی از هسـته- که لایه‌های الکترونی را معرفـی می‌کنند- پیرامون هسـته در گردش‌اند. شکل ۶ تابع مستقر الکترون‌ها را در اتم زنون و اوگانسون، بنا به محاسبات نسبیتی اتمی نشان می‌دهد. لایه‌های الکترونی در گاز زنون به‌صورت دایره، به روشنی قابل تشـخیص‌اند در حالی که مدارها به‌عنوان الگوهای معمول و شناخته‌شـده در اتم‌ها، در اوگانسون دیده نمی‌شوند، اثری از لایهٔ الکترونی خارجی نیسـت و به نظر می‌رسد همهٔ لایه‌ها با هم ادغام شده‌اند و به‌صورت لکه‌ای یکپارچه درآمده‌اند. انتظار می‌رود وجود چنین تفاوتی میان سـاختار اتمی اوگانسون با دیگر اعضای خانواده‌اش، عامل اصلی بروز تفاوت‌های چشمگیر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میان آن‌ها باشد [۳]. برای نمونه، اوگانسون برخلاف گازهای هم‌گروهی‌اش الکترون‌خواه است و با اتم‌های دیگر پیوند تشکیل می‌دهد.

پی‌نوشت‌ها

1.Ramsay, w.
2. Cavendish, H.
3. Rayleigh,L.
4. Strutt, w.
5. idle
6. Jansen, P.
7. Miers, H.
8. Cleveite
9. Hillebrand, W.
10. Francis, W.
11. Travers, M.
12. Dorn, F.
13. nitron
14. Oganessian, Y.
15. Oganesson

منابع

1.Group 18: Properties of nobel gases
chem. libretexts. org/ book shelves/ inorganic- chemistry
2. A noble quest
www. chemistryworld. com/ features/ history of noble gases/ 1017385. article
3. Oganesson- noble but not a gas
msutoday. msu. edu/ news/ 2018