

بخش ۱

ساختار اتم



آیا تا به حال شب هنگام و در سکوت تفکر برانگیز آن به آسمان، ماه و ستارگان چشم دوخته‌اید؟ شاید با این نگاه، این پرسش‌ها که «جهان چگونه به وجود آمده است؟»، «ما در کجای این جهان بی‌انتهای قرار داریم؟» و «آیا جای دیگری در این گیتی هست که مانند زمین، زندگی در آن میسر باشد؟» به ذهن شما راه یابد و یافتن پاسخ آن‌ها دغدغه‌ی وجودتان شود. دغدغه‌ای که هزاران سال انسان متفکر را به خود مشغول کرده است. دغدغه‌ای که کلید کشف اسرار آفرینش است و انسان را ناخودآگاه به درنگ و تأمل در آن وادار می‌کند. شاید یکی از راه‌های یافتن پاسخی قانع‌کننده برای همه‌ی این پرسش‌ها، مطالعه و بررسی عنصرهای سازنده‌ی جهان باشد. مطالعاتی که دانش شیمی نقش بسیار مهمی در آن دارد.

اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیم، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم به ترتیب هشت عنصر فراوان در پوسته‌ی زمین هستند. نهمین عنصر فراوان که کم‌تر از یک درصد از عنصرهای سازنده‌ی پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهد، هیدروژن است. این درحالی است که در کل هستی ۹۲ درصد از اتم‌های موجود را اتم‌های هیدروژن تشکیل می‌دهند. از هشت درصد باقیمانده هفت درصد به اتم‌های هلیوم و تنها یک درصد به اتم دیگر عنصرها تعلق می‌گیرد. از این داده‌ها می‌توان چنین نتیجه گرفت که زمین از عنصرهایی غنی شده است که در ساختار جهان هستی سهم بسیار اندکی دارند. اکنون این پرسش به ذهن می‌آید که «چرا و چگونه این عنصرها در گیتی تا این اندازه ناهمگون توزیع شده‌اند؟»

دلیل این توزیع ناهمگون را باید در هنگام تولد جهان و پس از آن، پیدایش زمین جست و جو کرد. دانشمندان بر این باورند که جهان حدود ۱۵ میلیارد سال پیش بر اثر یک انفجار بزرگ به وجود آمده است. یعنی هنگامی که یک توده‌ی بسیار متراکم و به شدت داغ ساخته شده از ذره‌های بنیادی بر اثر یک نیروی غیرقابل تصور، از هم پاشیده است. در این انفجار بزرگ اتم‌های هیدروژن، نخستین اتم‌هایی بوده‌اند که به هستی پانهاده‌اند. هزاران میلیون سال بعد، آن‌هم در برخی نقاط کیهان، از گردهمایی و فشرده شدن تدریجی اتم‌های هیدروژن ستاره‌ها متولد شدند. ستارگانی که هر روز گرم‌تر می‌شدند و در دمای بسیار بالای آن‌ها، ابتدا شرایط برای تشکیل اتم‌های هلیوم و سپس برای تولید عنصرهای سبک بعدی مهیا می‌شد. در این مسیر، گاه ستاره‌ای بسیار چگال‌تر و بسیار گرم‌تر می‌شد و مکانی برای تشکیل عنصرهای سنگین فراهم می‌آورد. این ستارگان جرمی بسیار بیش‌تر از خورشید داشتند و پس از چند میلیون سال نورافشانی و گرما بخشی، پایداری خود را از دست داده با انفجاری مهیب متلاشی می‌شدند. به این ترتیب اتم‌های سنگین تولید شده بر اثر این انفجار در سرتاسر گیتی پراکنده شدند. این عنصرهای سنگین ماده‌ی اولیه‌ی مورد نیاز برای تولد دومین نسل از ستارگانی را فراهم آوردند که تصور می‌شود سامانه‌ی خورشیدی حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش از ستاره‌ای متعلق به همین نسل به وجود آمده باشد. ستاره‌ی غول‌آسایی که پس از فروپاشی، عمده‌ی ویژگی‌های خود را در ستاره‌ی کوچک و جوانی چون خورشید به امانت گذاشت و زمین که قطعه‌ی بسیار کوچکی از آن بود، تنها حدود ۱۰ عنصر سبک و سنگین ساخته شده در آن ستاره را به ارث برد. ضمن آن‌که در هسته‌ی به شدت داغ خود نیز اندکی از گرمای آن ستاره‌ی مادر را به یادگار نگاه داشته است.

مطالعه‌ی ساختار ماده، تلاشی به قدمت تاریخ

مطالعه روی عنصرها به حدود ۲۵۰۰ سال پیش بر می‌گردد. زمانی که تالس فیلسوف یونانی آب را عنصر اصلی سازنده‌ی جهان هستی می‌دانست. دویست سال پس از او ارسطو سه عنصر هوا، خاک و آتش را به عنصر پیشنهادی تالس افزود و این چهار عنصر را عنصرهای سازنده‌ی کاینات اعلام کرد. این دیدگاه تا دو هزار سال بعد نیز مورد پذیرش بود تا این که در سال ۱۶۶۱ میلادی رابرت بویل دانشمند انگلیسی با انتشار کتابی با عنوان شیمی دان شکاک مفهوم تازه‌ای از عنصر را معرفی کرد. وی در این کتاب ضمن معرفی

عنصر به عنوان ماده‌ای که نمی‌توان آن را به مواد ساده‌تری تبدیل کرد، شیمی را علمی تجربی نامید و از دانشمندان خواست که افزون بر مشاهده کردن، اندیشیدن و نتیجه‌گیری کردن که هر سه ابزار یونانیان در مطالعه‌ی طبیعت بود، به پژوهش‌های عملی نیز اقدام کنند. توصیه‌ی او مورد توجه قرار گرفت و در سال ۱۸۰۳ جان دالتون شیمی دان انگلیسی با نظریه‌ی اتمی خود گام مهمی برای مطالعه‌ی ماده و ساختار آن برداشت.

دالتون با استفاده از واژه‌ی یونانی اتم که به معنای تجزیه‌ناپذیر است، ذره‌های سازنده‌ی عنصرها را توضیح داد. این دیدگاه که همه‌ی مواد از ذره‌های کوچک و تجزیه‌ناپذیری به نام اتم ساخته شده‌اند، نخستین بار ۲۵۰۰ سال پیش توسط دموکریت فیلسوف یونانی مطرح شده بود، اما دالتون با اجرای آزمایش‌های بسیار از نو به آن دست یافت. وی نظریه‌ی اتمی خود را در هفت بند و به شرح زیر بیان کرد:

۱- ماده از ذره‌های تجزیه‌ناپذیری به نام اتم ساخته شده است.

۲- همه‌ی اتم‌های یک عنصر مشابه یکدیگرند.

۳- اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.

۴- اتم عنصرهای مختلف جرم و خواص شیمیایی متفاوتی دارند.

۵- اتم عنصرهای مختلف به هم متصل می‌شوند و مولکول‌ها را به وجود می‌آورند.

۶- در هر مولکول از یک ترکیب معین، همواره نوع و تعداد نسبی اتم‌های سازنده‌ی آن یکسان است.

۷- واکنش‌های شیمیایی شامل جابه‌جایی اتم‌ها یا تغییر در شیوه‌ی اتصال آن‌ها در مولکول‌هاست. در این واکنش‌ها اتم‌ها خود تغییری نمی‌کنند.

اگر چه امروز می‌دانیم که اتم‌ها خود از ذره‌های کوچک‌تری (ذره‌های زیراتمی) ساخته شده‌اند و همه‌ی آن ویژگی‌هایی را ندارند که دالتون برای آن‌ها برشمرده بود ولی هنوز هم باور داریم که اتم کوچک‌ترین ذره‌ی یک عنصر است که خواص شیمیایی و فیزیکی عنصر یاد شده به ویژگی‌های آن بستگی دارد. به‌رحال نظریه‌ی اتمی دالتون علی‌رغم نارسایی‌ها و ایرادهایی که داشت به نقطه‌ی آغازی برای مطالعه‌ی دقیق‌تر و عمیق‌تر ساختار و رفتار (خواص) ماده تبدیل شد.

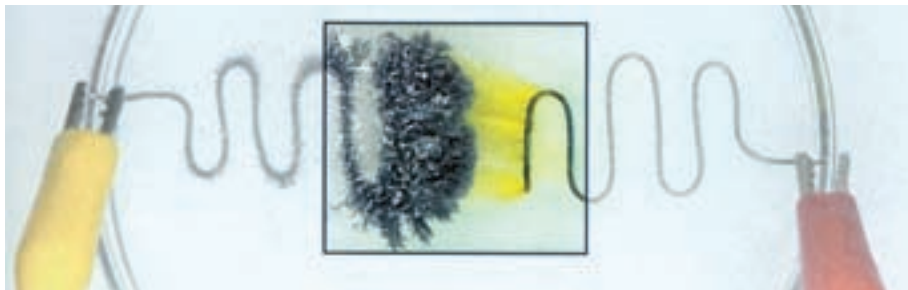
الکترون نخستین ذره‌ی زیراتمی شناخته شده

شاید بتوان گفت که اجرای آزمایش‌های بسیاری با الکتروسیته، مقدمه‌ای برای شناخت ساختار درونی اتم بوده است. در آغاز قرن نوزدهم میلادی، پس از کشف الکتروسیته‌ی ساکن یا مالشی، به این نکته پی برده شد که بارهای الکتریکی مثبت یا منفی ایجاد شده به هنگام مالیدن یک جسم روی جسم دیگر، از جایی نمی‌آیند و پیدایش آن‌ها به خود ماده و شاید به اتم‌های سازنده‌ی آن مربوط می‌شود.



جان دالتون
(۱۷۶۶-۱۸۴۴)

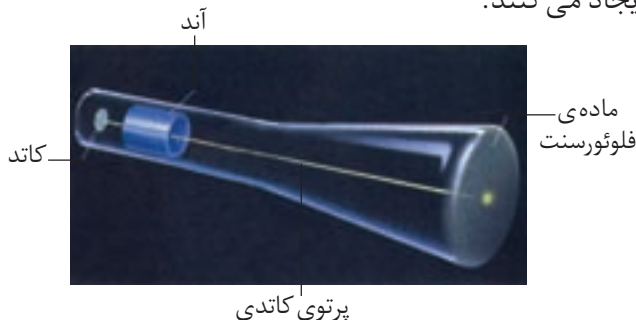
مایکل فارادی دانشمند معروف انگلیسی مشاهده کرد که به هنگام عبور جریان برق از درون محلول یک ترکیب شیمیایی فلزدار - روشی که به آن برقکافت می‌گویند - یک واکنش شیمیایی در آن به وقوع می‌پیوندد. فیزیک‌دان‌ها برای توجیه این مشاهده‌ها برای الکتروسیته ذره‌ای بنیادی پیشنهاد کردند و آن را **الکترون** نامیدند. اما در آن زمان به وجود رابطه‌ای میان اتم و الکترون پی برده نشد.



برقکافت، یک واکنش شیمیایی است که با عبور جریان برق از درون یک محلول به وقوع می‌پیوندد. اجرای چنین آزمایش‌هایی توسط فارادی در قرن ۱۹ به کشف الکترون منجر شد. این تصویر برقکافت محلول قلع (II) کلرید در آب را نشان می‌دهد.

هم‌چون دانشمندان

لوله‌ی پرتوی کاتدی لوله‌ای شیشه‌ای است که تقریباً همه‌ی هوای درون آن به کمک پمپ خلأ خارج شده است. در دو انتهای این لوله یک قطعه فلز نصب شده است که به آن **الکتروود** می‌گویند. هنگامی که یک ولتاژ بسیار قوی بین این دو الکتروود اعمال شود، پرتوهایی از الکتروود منفی (کاتد) به سمت الکتروود مثبت (آند) جریان می‌یابد. از این رو به آن‌ها **پرتوهای کاتدی** می‌گویند. این پرتوها بر اثر برخورد با یک ماده‌ی فلوئورسنت، نور سبزرنگی ایجاد می‌کنند.



با دقت به شکل‌های صفحه‌ی بعد نگاه کنید. هر شکل یکی از آزمایش‌های جوزف تامسون فیزیک‌دان انگلیسی روی لوله‌ی پرتوی کاتدی را نشان می‌دهد. او که یکی از پیش‌گامان مطالعه‌ی ساختار اتم بوده است، پس از اجرای آزمایش‌های بسیاری سرانجام موفق شد نسبت بار به جرم الکترون را اندازه‌گیری کند. در زیر این شکل‌ها سه نتیجه‌گیری مهم تامسون آورده شده است. به نظر شما تامسون از چه مشاهده‌هایی به هر یک از این



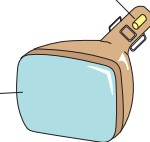
مایکل فارادی
(۱۷۹۱-۱۸۶۷)

جورج استونی فیزیک‌دان ایرلندی در سال ۱۸۹۱ ذره‌های حمل‌کننده‌ی جریان برق را **الکترون** نامید.

فلوئورسنت به ماده‌ای با خاصیت فلوئورسانس گفته می‌شود. فلوئورسانس از جمله خواص فیزیکی برخی مواد شیمیایی است. مواد دارای این خاصیت نور با طول موج (رنگ) اگر طول موج در ناحیه‌ی مرئی باشد) معینی را جذب می‌کنند و به جای آن نور با طول موج بلندتری را منتشر می‌سازند. تابش این نور با قطع شدن منبع نور قطع می‌شود. روی سولفید (ZnS) از جمله مهم‌ترین مواد فلوئورسنت است که در تولید لامپ تلویزیون و نمایشگرها کاربرد دارد.

تفنگ الکترونی

روی دیواره‌ی داخلی لامپ با لایه‌ای از ZnS پوشیده شده است.



روی اغلب نمایشگرهای رایانه حروف CRT نوشته شده است. CRT کوتاه شده‌ی عبارت Cathode Rays Tube به معنای لوله‌ی پرتوهای کاتدی است.



جوزف تامسون
(۱۸۵۶-۱۹۴۰)

تامسون نسبت بار به جرم
الکترون را
 $1/76 \times 10^{-18} \text{ C/g}$
محاسبه کرد.

C نمادی برای نمایش
کولن، یکای SI برای بار
الکتریکی است.

همواره مقدار بار
الکتریکی ذره‌های
سازنده‌ی اتم را نسبت به
مقدار بار الکتریکی الکترون
می‌سنجند. در این مقیاس
نسبی بار الکترون ۱-
در نظر گرفته می‌شود.

فسفر سانس از جمله
خواص فیزیکی برخی مواد
شیمیایی است. مواد دارای
این خاصیت نور با طول موج
(رنگ؛ اگر طول موج در
ناحیه‌ی مرئی باشد) معینی
را جذب می‌کنند و به جای
آن نور با طول موج بلندتری
منتشر می‌سازند. تابش این
نور تا مدت کوتاهی پس از
قطع شدن منبع نور ادامه
می‌یابد. در ساعت‌ها و
برخی وسایل شب‌نما از
موادی با این خاصیت
استفاده می‌شود.



آ) لوله دارای اندکی هوا است.



ب) لوله دارای اندکی گاز هیدروژن است.



پ) کاتد از آهن به مس تغییر یافته است.



ت) میدان الکتریکی در بیرون از لوله برقرار شده است.

نتیجه‌گیری‌ها دست یافته است؟ پاسخ خود را شرح دهید.

۱- پرتوهای کاتدی به خط راست حرکت می‌کنند.

۲- پرتوهای کاتدی دارای بار الکتریکی منفی هستند.

۳- همه‌ی مواد دارای الکترون هستند.

جست‌وجو کنید

در یک فعالیت گروهی تحقیق کنید که جوزف تامسون چگونه نسبت بار به جرم الکترون را اندازه‌گیری کرد.

گزارش این فعالیت را به صورت یک روزنامه‌ی دیواری به کلاس ارائه دهید.

پس از موفقیت تامسون در اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون، در سال ۱۹۰۹ رابرت میلیکان فیزیک‌دان آمریکایی موفق شد مقدار بار الکتریکی الکترون را اندازه بگیرد. به این ترتیب جرم الکترون نیز با کمک نسبت به دست آمده توسط تامسون محاسبه شد. مقدار پذیرفته شده برای بار و جرم الکترون به ترتیب $1/602 \times 10^{-19} \text{ C}$ و $9/109 \times 10^{-28} \text{ g}$ است.

پرتوهای

در حالی که تامسون در آزمایشگاه خود در شهر کمبریج انگلستان روی پرتوهای کاتدی مطالعه می‌کرد، هم‌زمان کشف بسیار مهمی در فرانسه به وقوع پیوست. در سال ۱۸۹۶ هانری بکرل فیزیک‌دانی که روی خاصیت فسفر سانس مواد شیمیایی کار می‌کرد به‌طور تصادفی با پدیده‌ی جالبی روبه‌رو شد.

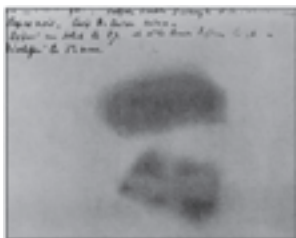
متن زیر چگونگی کشف بزرگ هانری بکرل را در قالب داستانی کوتاه بیان می کند. با دقت آن را بخوانید و سپس به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

هانری سومین نسل از یک خانواده ی دانشمند پرور فرانسوی بود. او که افزون بر عشق به کسب دانش، سنگ های معدنی و ترکیب های شیمیایی آزمایشگاه پدرش اِدموند را نیز به ارث برده بود، با علاقه مندی کار پدرش روی پدیده ی فلئوئورسانس و فسفرسانس را ادامه داد. در آن زمان هانری با خواندن مقاله ای در مورد شیوه ی تولید پرتوهای X که به تازگی توسط رونتگن کشف شده بود، در این اندیشه فرو رفت که شاید مواد دارای خاصیت فلئوئورسانس یا فسفرسانس نیز در هنگام نورافشانی چنین پرتوی مرموزی را تابش می کنند. از این رو بر آن شد که ترکیب هایی برگزیند و در این باره به تحقیق بپردازد. او برای این کار بلورهای ماده ای را برای مدتی در برابر نور خورشید قرار می داد و بی درنگ در محیطی تاریک روی یک فیلم خام عکاسی می گذاشت که درون یک پاکت کاغذی تیره بود. پس از چند دقیقه فیلم را برداشته، ظاهر می کرد و از روی میزان وضوح تصویر، شدت تابش آن ماده را اندازه می گرفت.

روز چهارشنبه ۲۶ فوریه سال ۱۸۹۶ هانری در ادامه ی آزمایش هایش روی فسفر سانس طبیعی ترکیب های اورانیم دار پدرش، دو قطعه از بلورهای یکی از این ترکیب ها را برداشت و همی وسایل کار خود را آماده کرد. اما از آن جا که هوای شهر پاریس کاملاً آبری بود، از انجام آزمایش چشم پوشی کرد و دو قطعه بلور را همراه با فیلم خام عکاسی در کشوی میز خود گذاشت و چند ساعتی به مطالعه پرداخت. عصر نیز زودتر از همیشه آزمایشگاه را به قصد خانه ترک کرد. وضعیت هوا چند روزی به همین منوال بود و تعطیلات آخر هفته نیز کار را بیش تر به تعویق انداخت.

بامداد روز دوشنبه اول مارس هنگامی که هانری به آزمایشگاه خود پا نهاد، یک باره به یاد بلورهای درون کشوی میز خود افتاد. با عجله سراغ آن ها رفت و تصمیم گرفت فیلم درون کشور را ظاهر کند. او با کنجکاوی فیلم را به تاریک خانه برد و آن را در محلول ظهور عکس قرار داد. پس از چند دقیقه هیجان زده از تاریک خانه بیرون آمد، پشت میز کار خود نشست و عبارت های زیر را یادداشت کرد:

«دوشنبه اول مارس ساعت ۹/۴۰؛ نتیجه ی آزمایش روی نمونه ی شماره ی سیزده: با این که آزمایش هایم روی مواد فسفر سانس نشان داده بود که همواره وضوح تصویر پس از چند ثانیه به شدت کاهش می یابد، اما در این آزمایش برخلاف انتظارم پس از این مدت حضور در تاریکی ایجاد تصویری با این وضوح شگفت انگیز به نظر می رسد. نمی دانم چرا؟ اما فکر می کنم که پدیده ی تازه ای را کشف کرده ام.»



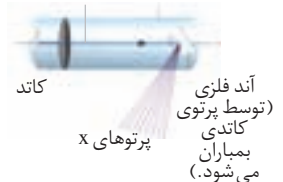
فیلم عکاسی بکرل پس از ظهور. دو قطعه بلور آفتاب ندیده ی بکرل به وضوح دیده می شوند.



هانری بکرل
(۱۸۵۲-۱۹۰۸)

پرتوهای X در سال ۱۸۹۵ توسط ویلهلم رونتگن فیزیک دان آلمانی کشف شد. این پرتوهای پر انرژی از جنس نور هستند و قدرت نفوذ به نسبت زیادی در اجسام دارند. وی این پرتوها را با تاباندن پرتوهای کاتدی روی یک آند فلزی به دست آورد.

لوله ی شیشه ای پرتوی کاتدی



دستگاه تولید کننده ی پرتوهای X

از این پرتوها در پزشکی برای عکس برداری از استخوان ها و برخی اندام های درونی بدن استفاده می شود.



۱- هانری مشاهده‌ی یاد شده را چگونه تفسیر کرد که آن را کشف پدیده‌ای تازه نام

نهاد؟

۲- آیا مشاهده‌ی یاد شده برای این نتیجه‌گیری کافی به نظر می‌رسد؟ چرا؟

۳- برای افزایش اطمینان به این نتیجه‌گیری چه پیشنهادی به هانری دارید؟



ارنست رادرفورد
(۱۸۷۱-۱۹۳۷)

بکرل به طور تصادفی به خاصیت مهمی پی برده بود که ماری کوری دانشمند معروف

لهستانی آن را پرتوزایی و مواد دارای این خاصیت را **پرتوزا** نام نهاده است.

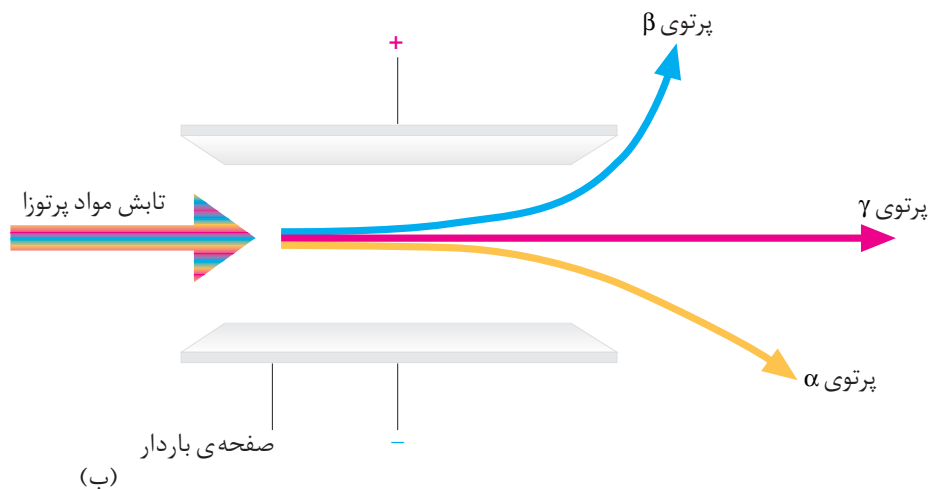
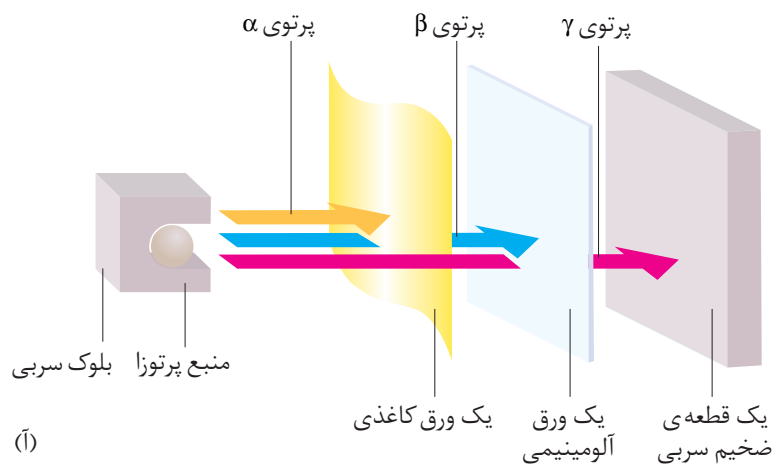
ارنست رادرفورد همکار نیوزلندی جوزف تامسون نیز به این موضوع علاقه مند شد و

پس از سال‌ها تلاش فهمید، تابشی که بکرل نخستین بار به وجود آن پی برده بود، خود

ترکیبی از سه نوع تابش مختلف است.

مشاهده کنید

با دقت به شکل‌های زیر نگاه کنید و سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



۱- کدام تابش قدرت کمتری برای نفوذ در اجسام دارد؟ چه مشاهده‌ای شما را به این نتیجه‌گیری رسانده است؟

۲- رادرفورد نشان داد که یکی از تابش‌ها جریانی از ذره‌های باردار است که جرم آن‌ها چهاربرابر جرم اتم هیدروژن است. در ضمن، تابش دیگر هم مانند پرتوهای کاتدی جریانی از الکترون‌های پرانرژی است. این دو تابش را روی هر دو شکل مشخص کنید.

۳- کدام تابش نشان داده شده بار الکتریکی ندارد و خنثی است؟

۴- تجربه نشان می‌دهد که پدیده‌ی پرتوایی با کاهش جرم ماده‌ی پرتوزا همراه است. آیا این مشاهده با دیدگاه دالتون درباره‌ی اتم هم‌خوانی دارد؟ شرح دهید.

جوزف تامسون با کمک آزمایش‌های خود ضمن اثبات وجود الکترون در اتم و معرفی الکترون به عنوان یک ذره‌ی زیر اتمی، موفق شد ساختاری برای اتم پیشنهاد کند، شکل ۱. وی ویژگی‌های اتم خود را این‌چنین برشمرد.

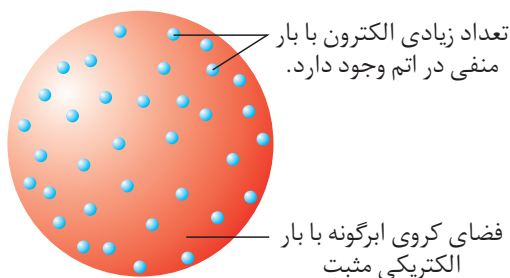
۱- الکترون‌ها که ذره‌هایی با بار منفی هستند درون فضای کروی ابرگونه‌ای با بار الکتریکی مثبت، پراکنده شده‌اند.

۲- اتم در مجموع خنثی است، بنابراین مقدار بار مثبت فضای کروی ابرگونه با مجموع بار منفی الکترون‌ها برابر است.

۳- این ابرکروی مثبت، جرمی ندارد و جرم اتم به تعداد الکترون‌های آن بستگی دارد.

۴- جرم زیاد اتم از وجود تعداد بسیار زیادی الکترون در آن ناشی می‌شود.

از مدل اتمی تامسون با نام‌هایی چون مدل کیک کشمشی یا مدل هندوانه‌ای نیز یاد می‌شود.

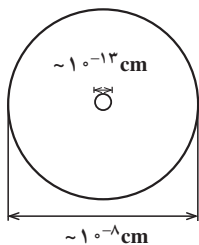


شکل ۱ مدل اتمی تامسون

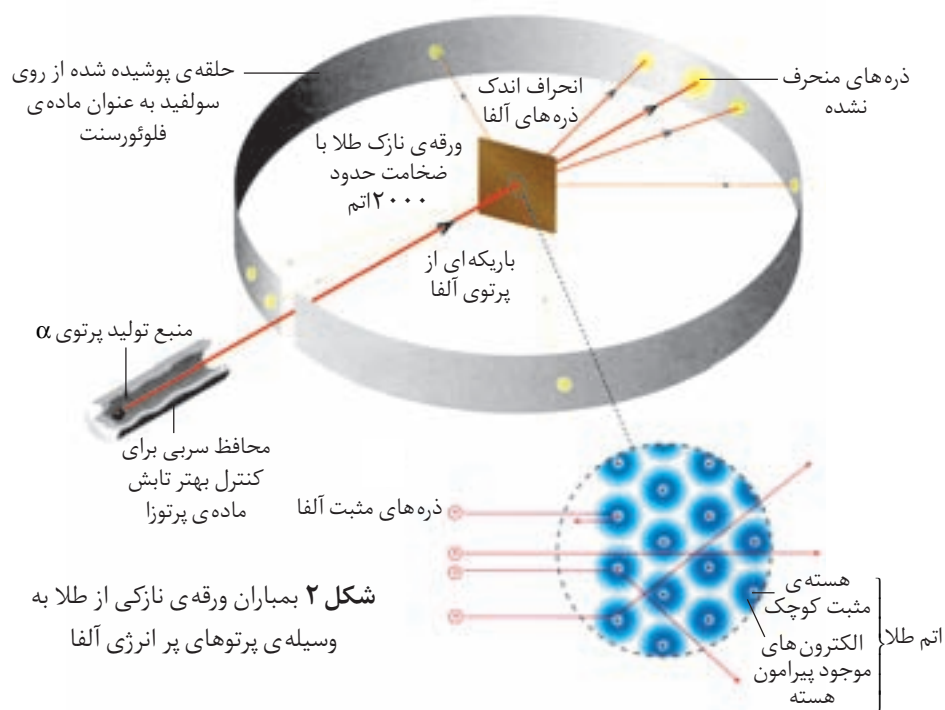
رادرفورد نتوانست تشکیل تابش‌های حاصل از مواد پرتوزا را به کمک مدل اتمی تامسون توجیه کند. از این رو در درستی این مدل تردید کرد. وی در سال ۱۹۱۰ برای شناسایی دقیق‌تر ساختار اتم آزمایش جالبی را طراحی و اجرا کرد. او در این آزمایش، شکل ۲، ورقه‌ی نازکی از طلا را با ذره‌های آلفا بمباران کرد، به امید آن که همه‌ی ذره‌های پرانرژی و سنگین آلفا که دارای بار مثبت نیز هستند با کم‌ترین میزان انحراف از این ورقه‌ی نازک عبور کنند. (چرا؟) اما آزمایش نتایج دیگری داشت.

رادرفورد از نتایج این آزمایش شگفت زده شد و گفت: «بازگشت ذره‌های آلفا با زاویه‌ای نزدیک به 180° واقعاً باورنکردنی است. مانند این است که شما یک گلوله‌ی توپ را به سمت یک دستمال کاغذی پرتاب کنید و آن گلوله به عقب برگردد و با شما برخورد کند!»

رادرفورد به کمک مشاهده‌های خود توانست قطر اتم طلا و قطر هسته‌ی آن را به طور تقریبی محاسبه کند.



ابعاد تقریبی یک اتم طلا و هسته‌ی آن



شکل ۲ بمباران ورقه‌ی نازکی از طلا به وسیله‌ی پرتوهای پر انرژی آلفا

فکر کنید

رادرفورد با استفاده از نتایج آزمایش خود، شکل ۲، مدل دیگری برای اتم پیشنهاد کرد که مدل اتم هسته‌دار نامیده شد. مشاهده‌ها و نتیجه‌گیری‌های رادرفورد که به ارایه‌ی این مدل انجامید در زیر آمده است. او از کدام مشاهده کدام نتیجه‌گیری را کرده است؟ شرح دهید.

نتیجه‌گیری	مشاهده
* بیش تر حجم اتم را فضای خالی تشکیل می‌دهد.	* بیش تر ذره‌های آلفا بدون انحراف و در مسیری مستقیم از ورقه‌ی نازک طلا عبور کردند.
* یک میدان الکتریکی قوی در اتم وجود دارد.	* تعداد زیادی از ذره‌های آلفا با زاویه‌ی اندکی از مسیر اولیه منحرف شدند.
* اتم طلا هسته‌ای بسیار کوچک با جرم بسیار زیاد دارد.	* تعداد بسیار اندکی از ذره‌های آلفا (حدود یک از بیست هزار) با زاویه‌ای بیش از 90° از مسیر اولیه منحرف شدند.

ماری کوری شیمی دان مشهور لهستانی در سال ۱۸۶۷ در ورشو زاده شد. پدرش معلم فیزیک بود. ماری به دلیل شرایط نامساعد مالی خانواده‌اش به دشواری دوران تحصیل ابتدایی را پشت سر گذاشت و سپس به ناچار در روستایی به عنوان معلم مشغول به کار شد. پس از آن در رشته‌های فیزیک و ریاضی به ادامه‌ی تحصیل پرداخت. در سال ۱۸۹۱ برای تحصیل در دانشگاه سوربون، به پاریس رفت و در آن جا با پی برکوری، فیزیک دان فرانسوی آشنا شد و با وی ازدواج کرد.



ماری کوری
(۱۸۶۷-۱۹۳۴)
و همسرش پی برکوری
(۱۸۵۹-۱۹۰۶)

ماری و پی بر، همراه با هانری بکرل روی نمک‌های اورانیم کار می‌کردند. آن‌ها در خلال سال‌های ۱۸۹۲ و ۱۸۹۴ در انبار متروکی که توسط رییس دانشکده‌ی پزشکی سوربون برای زندگی به آن‌ها داده شده بود، با وسایل و امکانات اندک بررسی‌های خود را روی نوعی از سنگ‌های معدنی به نام پیچبلاند ادامه دادند و سرانجام در سال ۱۸۹۸ توانستند دو عنصر پرتوزا را از این سنگ‌ها به دست آورند، عنصرهایی که رادیم و پولونیم نامیده شدند. اگرچه برای به دست آوردن چند میلی‌گرم از این عنصرها، به چندین تن سنگ معدن پیچبلاند نیاز بود، اما در سال ۱۹۰۲، ماری و پی بر با همکاری بکرل توانستند از یک دسی گرم رادیم کلرید، رادیم خالص را به دست آورند. مادام کوری و همسرش پی برکوری نشان دادند که واکنش‌های شیمیایی توانایی مواد پرتوزا را به نشر پرتوهای پرنرژی تغییر نمی‌دهد. حتی گرم کردن آن‌ها در یک قوس الکتریکی یا سرد کردن آن‌ها در هوای مایع نیز بر این خاصیت بی‌اثر است. یک سال بعد، آن‌ها به خاطر کشف عنصر رادیم و خاصیت پرتوزایی آن، جایزه‌ی نوبل در فیزیک را دریافت کردند.

سه سال پس از دریافت این جایزه، پی بر در سن ۴۱ سالگی در یک تصادف جان خود را از دست داد. با این حال ماری از تلاش دست برنداشت و در خلال سال‌های ۱۹۰۲ تا ۱۹۱۲، ۲۹ ایزوتوپ پرتوزای دیگر را کشف کرد. در سال ۱۹۰۷، ماری موفق به اندازه‌گیری جرم اتمی رادیم شد و به خاطر این کار برای بار دوم جایزه‌ی نوبل سال ۱۹۱۱ را در شیمی، از آن خود ساخت.

با آغاز جنگ جهانی اول، ماری و دخترش ایرن که تنها ۱۷ سال داشت، بسیاری از مراکز درمانی فرانسه را به دستگاه‌های پرتوی X مجهز کردند. به کمک این دستگاه موقعیت گلوله‌ها در بدن سربازان زخمی، تعیین می‌شد و به این ترتیب، خارج کردن گلوله‌ها با عمل جراحی به راحتی انجام می‌گرفت.

در سال ۱۹۱۸، ماری و ایرن به ترتیب به عنوان رییس و معاون انجمن رادیم، که به تازگی تأسیس شده بود، برگزیده شدند و سال‌ها در این مقام باقی ماندند. ایرن نیز که با یک فیزیک دان انگلیسی به نام فردریک جولیو ازدواج کرده بود، به همراه همسرش دست به بررسی‌هایی در زمینه‌ی شیمی هسته‌ای زد که به کشف یک ذره‌ی بنیادی تازه به نام پوزیترون انجامید. اما پیش از آن‌که ماری شاهد دریافت جایزه‌ی نوبل فیزیک توسط دخترش باشد، در سال ۱۹۲۴، به علت ابتلا به سرطان خون، درگذشت. سال بعد، ایرن جایزه‌ی نوبل فیزیک را دریافت کرد. در همین سال نیز، سیبورگ با استفاده از روش بمباران پلوتونیم ۲۲۹ با پرتوی آلفا، عنصری را به دست آورد که به افتخار ماری و پی بر کوری، و به پاس خدمات آن‌ها به دانش بشری، کوریم (با عدد اتمی ۹۶) نام گرفت.

دیگر ذره‌های سازنده‌ی اتم

آزمایش بعدی رادرفورد و همکارانش از دیگر اسرار اتم پرده برداشت و در سال ۱۹۱۹ دومین ذره‌ی سازنده‌ی اتم نیز شناسایی شد. این ذره **پروتون** نام گرفت. پروتون ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت است. بزرگی بار الکتریکی پروتون با بار الکترون برابر است و جرمی ۱۸۳۷ بار سنگین‌تر از جرم الکترون دارد. یک سال بعد، رادرفورد از وجود ذره‌ی دیگری در اتم سخن به میان آورد. وی گفت: «پروتون‌ها تنها ذره‌ی سازنده‌ی هسته نیستند بلکه آزمایش‌های من نشان می‌دهد که در هسته‌ی اتم باید ذره‌ی دیگری وجود داشته باشد که بار الکتریکی ندارد ولی جرم آن با جرم پروتون برابر است.» رادرفورد دوازده سال بر این نکته تأکید کرد ولی در جامعه‌ی علمی آن روز کسی گفته‌ی او را بدون ارایه‌ی شواهد آزمایشگاهی پذیرا نبود. سرانجام در سال ۱۹۳۲ یکی از دانشجویان پرتلاش و با ذکاوت او که جیمز چادویک نام داشت با طراحی آزمایشی هوشمندانه وجود این ذره‌ی خنثی را در اتم به اثبات رسانید. **نوترون** نامی بود که بر این ذره‌ی تازه کشف شده نهاده شد.



هنری موزلی
(۱۸۸۷-۱۹۱۵)

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

موزلی در دستگاه تولیدکننده‌ی پرتوی X با قرار دادن آندهایی که از فلزهای مختلف ساخته شده بود، فرکانس پرتوهای X حاصل را اندازه‌گیری کرد. وی مشاهده کرد که این فرکانس با افزایش جرم اتم فلز افزایش می‌یابد. رادرفورد با محاسبه‌ی مقدار بار مثبت هسته‌ی اتم هر یک از این فلزها، نشان داد که بین مقدار بار مثبت هسته و فرکانس پرتوهای X حاصل از این فلزها که توسط موزلی اندازه‌گیری شده بود، یک رابطه‌ی مستقیم وجود دارد. وی مقادیر بار اندازه‌گیری شده را بر مقدار بار الکتریکی پروتون ($1.6 \times 10^{-19} \text{C}$) تقسیم کرد. در نتیجه عددهای صحیحی به دست آمد که وی آن را **عدد اتمی** نامید. در واقع این عدد تعداد پروتون‌ها در اتم را مشخص می‌کند. عدد اتمی را با حرف Z نشان می‌دهند. از آن جا که اتم ذره‌ای خنثی است، بنابراین تعداد پروتون‌ها باید با تعداد الکترون‌ها برابر باشد. پس عدد اتمی تعداد الکترون‌ها در یک اتم را نیز مشخص می‌کند. رادرفورد بر این باور بود که عدد اتمی همه‌ی اتم‌های یک عنصر، یکسان است. بنابراین می‌توان به کمک عدد اتمی نوع عنصر را معین کرد.

مطالعه‌ی گسترده‌ی او روی پرتوهای X تولید شده از عنصرهای مختلف و کشف ارتباط فرکانس پرتوهای تولید شده با جرم اتمی عنصرها، زمینه‌ساز کشف پروتون به‌عنوان دومین ذره‌ی زیر اتمی شد. امروز از او به‌عنوان کشف‌کننده‌ی پروتون یاد می‌شود اگرچه استاد او رادرفورد با تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی موزلی به وجود پروتون پی برد.

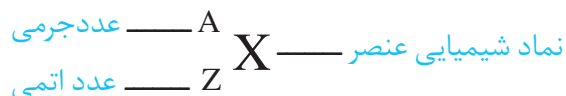
عدد جرمی و ایزوتوپ‌ها

جرم اتم به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته‌ی آن بستگی دارد و جرم الکترون‌ها حتی اگر اتم بیش از ۱۰۰ الکترون هم داشته باشد، بر جرم اتم تأثیر چشم‌گیری نخواهد داشت. از این رو به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم **عدد جرمی** می‌گویند. A نمادی برای نمایش عدد جرمی است.

تعداد نوترون‌ها + تعداد پروتون‌ها (عدد اتمی) = عدد جرمی

$$A = Z + N$$

شیمی دان‌ها برای هر اتم این اطلاعات را به طور خلاصه به صورت زیر می‌نویسند:



دانشمندان با کمک دستگاهی به نام طیف‌سنج جرمی جرم اتم‌ها را با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که همه‌ی اتم‌های یک عنصر جرم یکسانی ندارند. از آن‌جا که عدد اتمی و در واقع تعداد پروتون‌ها در همه‌ی اتم‌های یک عنصر یکسان است، پس تفاوت جرم باید به تعداد نوترون‌های موجود در هسته‌ی اتم مربوط باشد. این مطالعات به معرفی مفهوم **ایزوتوپ** انجامید. در واقع، ایزوتوپ‌ها اتم‌های یک عنصر هستند که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند. برای مثال آزمایش روی نمونه‌های طبیعی از گاز کلر وجود دو ایزوتوپ کلر -۳۵ ($^{35}_{17}\text{Cl}$) و کلر -۳۷ ($^{37}_{17}\text{Cl}$) را به اثبات رسانده است.

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که فراوانی ایزوتوپ‌ها در طبیعت یکسان نیست. برخی فراوان‌تر و برخی کم‌یاب‌ترند. برای مثال از هر چهار اتم کلر موجود در طبیعت سه اتم $^{35}_{17}\text{Cl}$ و یک اتم $^{37}_{17}\text{Cl}$ است. به عبارت دیگر ۷۵ درصد از اتم‌های کلر $^{35}_{17}\text{Cl}$ و ۲۵ درصد آن‌ها را $^{37}_{17}\text{Cl}$ تشکیل می‌دهد.

جرم یک اتم

شیمی دان‌ها در سده‌های ۱۸ و ۱۹ میلادی موفق شدند که به طور تجربی جرم اتم‌های بسیاری از عنصرهای شناخته شده تا آن زمان را به طور نسبی اندازه‌گیری کنند. چنین آزمایش‌هایی نشان داد که برای مثال جرم یک اتم اکسیژن $1/33$ برابر جرم یک اتم کربن و جرم یک اتم کلسیم $2/5$ برابر جرم یک اتم اکسیژن است. استفاده از این نسبت‌ها در محاسبه‌های آزمایشگاهی کاری بس دشوار بود. از این رو، شیمی دان‌ها ناگزیر شدند جرم خاصی را به یک عنصر معین نسبت دهند و سپس به کمک نسبت‌های اندازه‌گیری شده

به پروتون یا نوترون، نوکلئون (nucleon) یا ذره‌ی سازنده‌ی هسته نیز می‌گویند.

طی یک صد و پنجاه سال گذشته شیمی دان‌ها ابتدا هیدروژن و سپس اکسیژن را به عنوان استاندارد برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها انتخاب کردند. اما در سال ۱۹۶۱ کربن به این منظور برگزیده شد.

از هر هزار اتم کربن موجود در نمونه‌های طبیعی ۹۸۹ اتم آن کربن ۱۲ و ۱۱ اتم آن کربن ۱۳ است.

$$1 \text{ amu} = 1/661 \times 10^{-24} \text{ g} \\ = 1 \text{ Dalton}$$

تاکنون بیش از ۲۳۰۰ ایزوتوپ مختلف (طبیعی و ساختگی) شناخته شده است. در این میان فقط ۲۷۹ ایزوتوپ پایدار وجود دارد. برخی عناصر مانند فلوتور، فسفر و آلومینیم تنها یک ایزوتوپ پایدار دارند. در حالی که برخی از دو یا تعداد بیش تری ایزوتوپ پایدار برخوردارند. برای نمونه قلع ده ایزوتوپ پایدار دارد.

جرم عنصرهای دیگر را محاسبه کنند. پس از دو بار تغییر در انتخاب عنصر استاندارد سرانجام فراوان ترین ایزوتوپ کربن یعنی کربن - ۱۲ (^{12}C) برای این منظور انتخاب شد. این اتم کربن در هسته‌ی خود ۶ پروتون و ۶ نوترون دارد. دانشمندان جرم این اتم را دقیقاً برابر ۱۲/۰۰۰ در نظر گرفتند. با این حساب اتم اکسیژن که جرمی معادل ۱/۳۳ برابر جرم اتم کربن دارد، در این مقیاس جرمی برابر ۱۶/۰۰۰ خواهد داشت. جرم اتم عنصرهای دیگر نیز به همین شیوه اندازه گیری شد. از آن جا که جرم اتم‌ها به صورت نسبی اندازه گیری می شوند، یکایی ندارند. اما به تجربه ثابت شده است که استفاده از یکایی مناسب برای جرم اتم‌ها سودمند است. از این رو شیمی دان‌ها برای جرم یک اتم یا **جرم اتمی** amu را که کوتاه شده‌ی عبارت atomic mass unit به معنای واحد جرم اتمی است، به عنوان یکای جرم اتمی معرفی کردند. یک amu برابر یک دوازدهم ($\frac{1}{12}$) جرم اتم کربن - ۱۲ است. بنابراین در این مقیاس جرم اتم کربن - ۱۲ برابر ۱۲/۰۰۰ amu و جرم اتم اکسیژن ۱۶/۰۰۰ amu خواهد بود.

در این مقیاس جرم پروتون و نوترون تقریباً ۱ amu است. درحالی که جرم الکترون تقریباً یک دویزدهم ($\frac{1}{1836}$) این مقدار است. در جدول ۱ ویژگی‌های این ذره‌های زیراتمی را مشاهده می کنید.

جدول ۱ برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی

نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم	
			amu	g
الکترون	e^{-}	-۱	۰/۰۰۰۵	$9/109 \times 10^{-28}$
پروتون	p^{+}	+۱	۱/۰۰۷۳	$1/673 \times 10^{-24}$
نوترون	n^0	۰	۱/۰۰۸۷	$1/675 \times 10^{-24}$

* در این نماد عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می کنند.

از آن جا که جرم پروتون‌ها و نوترون‌ها با هم برابر و حدوداً برابر با ۱ amu است، می توان از روی عدد جرمی یک اتم، جرم آن را تخمین زد. برای مثال جرم یکی از ایزوتوپ‌های لیتیم که ۳ پروتون و ۴ نوترون دارد (^7Li) برابر ۷/۰۰۰ amu است. با توجه به وجود ایزوتوپ‌ها و تفاوت در فراوانی آن‌ها، برای گزارش جرم نمونه‌های طبیعی از اتم عنصرهای مختلف **جرم اتمی میانگین** به کار می رود.

فکر کنید

۱- باتوجه به شکل زیر راهی برای محاسبه ی جرم اتمی میانگین بور پیشنهاد کنید.



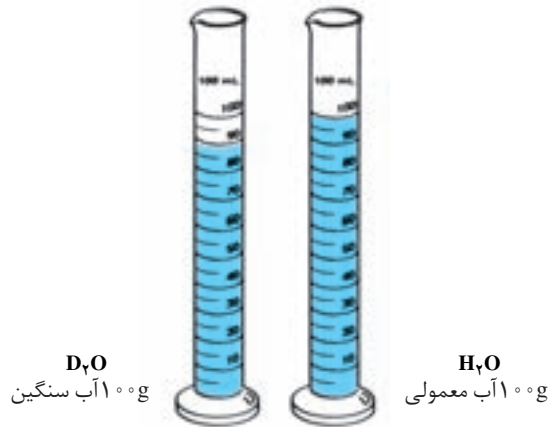
نمایش بخشی از یک نمونه ی طبیعی عنصر بور

۲- اکسیژن سه ایزوتوپ (^{18}O ، ^{17}O ، ^{16}O) و هیدروژن نیز سه ایزوتوپ (^1H ، ^2D ، ^3T) دارد. با توجه به تعداد ایزوتوپ های این دو عنصر، در یک نمونه ی طبیعی آب که مولکول های آن از اتصال ایزوتوپ های مختلف اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده است، چند نوع مولکول آب می توان یافت؟ جرم هر یک از این مولکول ها را حساب کنید.

۳- تجربه نشان می دهد که ایزوتوپ ها خواص شیمیایی یکسانی دارند ولی برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم آن ها با هم تفاوت می کند. این تفاوت در ترکیب های شیمیایی دارای آن ها نیز مشاهده می شود. با دقت به شکل زیر نگاه کنید.

آ- از این مشاهده چه نتیجه ای می گیرد؟

ب- به نظر شما اگر یک قطعه یخ - D_2O را در آب معمولی (H_2O) بیندازیم، روی آب شناور می ماند یا در آب فرو می رود؟ شما چه پیش بینی می کنید؟ چرا؟



سه ایزوتوپ هیدروژن نام هایی جداگانه دارند: پروتیم، دوتریم (هیدروژن سنگین) و تریتیم (هیدروژن پرتوزا). این سه ایزوتوپ را به ترتیب با نمادهای ^1H ، ^2D و ^3T نمایش می دهند.

پایداری ایزوتوپ ها به تعداد پروتون ها و نوترون های درون هسته بستگی دارد. برای نمونه همه ی هسته هایی که ۸۴ یا بیش از این تعداد، پروتون دارند، ناپایدار هستند. اما بر طبق یک قاعده ی کلی اگر برای هسته ای نسبت تعداد نوترون ها به پروتون ها $1/5$ یا بیش از این باشد، هسته یادشده ناپایدار خواهد بود. این گونه هسته های ناپایدار بر اثر واکنش های تلاشی هسته ای به هسته های پایدار تبدیل می شود.

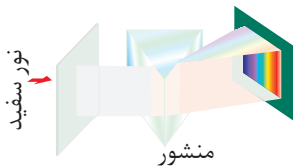
اطلاعات جمع آوری کنید

جرم اتم ها را به وسیله ی دستگاهی با نام طیف سنج جرمی اندازه گیری می کنند. در یک فعالیت گروهی درباره ی چگونگی کار این دستگاه تحقیق کنید و گزارش خود را در قالب مقاله ای به کلاس ارائه دهید.

آتش بازی و کشف ساختار اتم

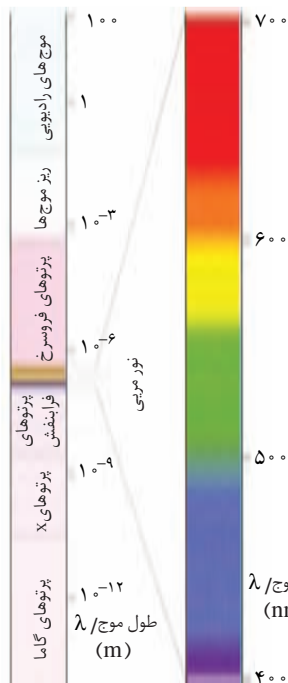
استفاده از مخلوط مواد شیمیایی برای تولید مواد منفجره، هنری باستانی است. چینی‌ها از جمله نخستین مردمانی بوده‌اند که بیش از هزارسال پیش باروت سیاه (مخلوطی از پتاسیم نیترات، گرد زغال و گوگرد) را تهیه کرده، در موارد صلح جویانه به مصرف می‌رسانده‌اند. آتش بازی و ایجاد صداهای بلند در جشن‌ها از جمله محبوب‌ترین موارد استفاده از باروت سیاه بوده و هست. پیش از سده‌ی نوزدهم کشف شد که با افزودن براده‌های آهن به باروت سیاه می‌توان جرقه‌های آتش به رنگ نارنجی تولید کرد. اما با پیشرفت شگرف دانش شیمی در سده‌ی نوزدهم مواد تازه‌ای به آتش بازی‌ها راه یافتند. نمک‌های مس، استرانسیم و باریوم رنگ‌هایی زیبا و گرد منیزیم و آلومینیم نور سفید خیره‌کننده‌ای به جرقه‌های آتش می‌بخشیدند. اما این پرسش که این رنگ‌ها چگونه به وجود می‌آیند همواره بی‌پاسخ ماند.

در سال ۱۶۶۶ نیوتون اعلام کرد که نور به هنگام عبور از یک منشور شکافته می‌شود و طیفی پیوسته از رنگ‌هایی شبیه رنگین‌کمان به وجود می‌آورد. این طیف هم‌ی طول موج‌های نور مرئی را نشان می‌دهد.



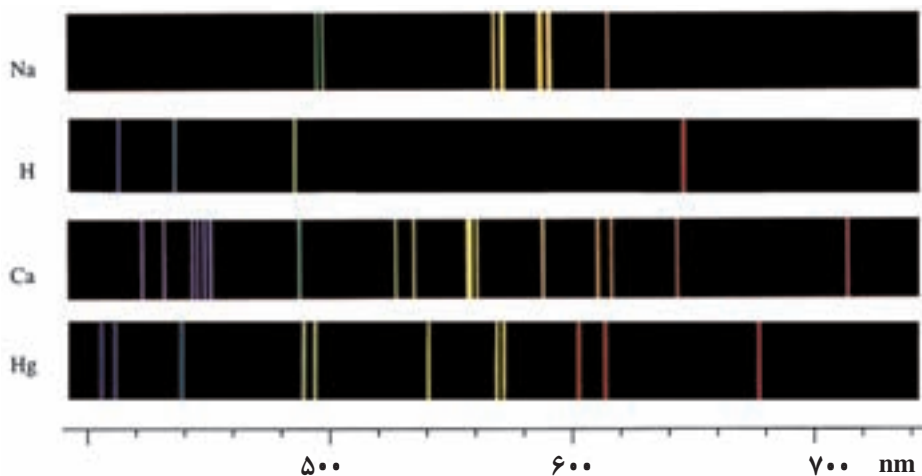
شکل ۳ مراسم آتش بازی یک تفریح شیمیایی است!

رابرت بونزن شیمی دان معروف آلمانی که چراغ بونزن از نوآوری‌های به یادماندنی اوست، موفق شد دستگاهی طراحی کند که سهم بسیاری در پیشرفت علم شیمی داشت. این دستگاه **طیف بین** نامیده شد. هنگامی که بونزن مقداری از یک ترکیب مس دار مانند کات کبود را در شعله‌ی مشعل این دستگاه قرار داد، مشاهده کرد که رنگ آبی شعله به سبزی می‌گراید. همان رنگی که افزودن ترکیب‌های مس به جرقه‌های آتش در هنگام



بخش مرئی طیف نور سفید

آتش بازی می داد. با عبور این نور سبزرنگ از منشوری که در دستگاه تعبیه شده بود، الگویی به مانند تصاویر نشان داده شده در شکل ۴ به دست آمد. بونزن این الگورا طیف نشری خطی نامید. (چرا؟) وی که از این مشاهده شگفت زده شده بود آزمایش را با چند ترکیب فلزدار دیگر تکرار کرد و در هر مورد طیف های نشری خطی متفاوتی به دست آورد.



شکل ۴ طیف نشری خطی برخی عناصرها

بررسی بیش تر وی و همکارانش ثابت کرد که هر فلز طیف نشری خطی خاص خود را داراست و مانند اثر انگشت می توان از این طیف برای شناسایی فلز مورد نظر بهره گرفت. هم چون هیدروژن نافلزهای دیگر نیز طیف نشری خطی ویژه ی خود را دارند اما این موضوع در این درس مطرح نشده است.

آزمایش کنید

آزمون شعله

هدف از این آزمایش یافتن رنگی است که محلول چند ترکیب شیمیایی فلزدار به شعله ی چراغ بونزن می دهند. در گام بعدی با استفاده از نتایج این آزمایش نوع فلز موجود در یک نمونه ی مجهول را از روی رنگی تعیین می کنید که محلول آن به شعله می دهد.

وسایل مورد نیاز: چراغ بونزن، گیره ی بوته، شیشه ی ساعت، شش بشر ۵۰ mL،

چند گلوله ی پنبه ای

مواد مورد نیاز: چند ترکیب فلزدار (نمک) مانند سدیم کلرید، پتاسیم یدید و...

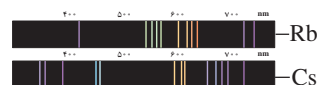
روش کار

۱- چراغ بونزن را روشن کرده، شعله ی آن را تنظیم کنید.

۲- شیشه ی ساعت را با آب و صابون به طور کامل بشویید و با پارچه ی تمیزی خشک

کنید. سپس پنبه را روی شیشه ی ساعت قرار دهید. سپس دو سر گیره ی بوته را با کاغذ

با روش طیف بینی، بونزن و همکارانش عنصرهای روبیدیم و سزیم را حین بررسی طیف یک سنگ معدنی لیتیم دار کشف کردند. آن ها دریافتند که خط های سرخ و آبی پررنگ موجود در طیف نشری خطی حاصل از این سنگ معدن با طیف نشری خطی لیتیم که پیش از این شناخته شده بود، قابل توجیه نیست. با بررسی های بعدی دو فلز یاد شده شناسایی و جدا سازی شدند. نام روبیدیم (rubidium) و سزیم (caesium) که از دو واژه ی لاتین به ترتیب به معنای سرخ و آبی گرفته شده است، شیوه ی کشف این دو عنصر را یادآوری می کند.



کاربرد طیف های نشری خطی از برخی جنبه ها مانند کاربرد خط نماد (bar code) روی جعبه یا بسته ی مواد غذایی یا بسیاری از کالاهایی است که در بازار به فروش می رسند. هر نوع کالایی خط نماد خاص خود را دارد و با خواندن خط نماد به کمک دستگاه لیزری ویژه ای که به رایانه متصل است، نوع و قیمت کالا به سرعت روی صفحه ی نمایشگر ظاهر می شود.



خط نماد

سمباده پاک کنید و پس از شست و شو با آب در شعله قرار دهید تا کاملاً خشک شود. این کار را پس از هر بار آزمایش تکرار کنید.

۳- مقداری از نمکی که در اختیار دارید در یک بشر ۵۰ mL بریزید و در مقدار کمی آب حل کنید. سعی کنید در هر بار مقدار نمک و آب یکسانی به کار ببرید.

۴- یک گلوله‌ی پنبه‌ای را به کمک گیره‌ی بوته بردارید و پس از آغشته کردن به مقدار کمی از محلول درون بشر، روی شعله‌ی چراغ بگیریید. تغییر رنگ مشاهده شده را یادداشت کنید. پس از آزمایش مقداری آب روی گلوله‌ی پنبه و دو سر گیره بریزید و سپس گلوله‌ی پنبه را در سطل زباله بیندازید.

۵- جدولی مانند جدول زیر بکشید و مشاهده‌های خود، به ویژه تغییر رنگ‌ها را در آن یادداشت کنید.

شماره‌ی آزمایش	نام نمک	رنگ مشاهده شده
۱		
۲		
۳		
۴	نمونه‌ی مجهول	

توجه

آ. برای اطمینان از نتیجه می‌توانید هر یک از این آزمایش‌ها را دو یا سه بار تکرار کنید.
ب. نمونه‌ی مجهول توسط مربی آزمایشگاه و از میان نمک‌هایی انتخاب می‌شود که پیش از این مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

پ. اگر یک افشانه‌ی دستی در اختیار داشته باشید می‌توانید محلول این نمک‌ها را در اتانول تهیه کرده با افشاندن آن در شعله تغییر رنگ‌ها را به صورت دیدنی‌تری مشاهده کنید. از آن جا که اتانول آتش‌گیر است، پیشنهاد می‌شود که این آزمایش را مربی آزمایشگاه در زیر هواکش و در پایان آزمایش‌های بالا برای دانش‌آموزان انجام دهد.

⚠ رعایت نکات ایمنی در حین اجرای این آزمایش‌ها الزامی است.

طیف نشری خطی هیدروژن

هنگامی که بر یک لوله‌ی تخلیه‌ی الکتریکی دارای گاز هیدروژن با فشار کم، ولتاژ بالایی اعمال شود، بر اثر تخلیه‌ی الکتریکی، گاز درون لوله با رنگ صورتی روشن به التهاب درمی‌آید. با عبور دادن نور حاصل، از یک منشور طیف نشری خطی هیدروژن به دست می‌آید، شکل ۵. تلاش برای توجیه علت ایجاد و جایگاه ثابت خط‌های موجود در