

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 بی انتها 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 دغدغه 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 همه این پرسش‌ها، مطالعه و بررسی عنصرهای سازنده 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 پوسته زمین هستند. نهمین عنصر فراوان که کمتر از یک درصد از عنصرهای سازنده پوسته زمین را تشکیل می‌دهد، هیدروژن است. این درحالی است که در کل هستی ۱۲ درصد از اتم‌های موجود را اتم‌های هیدروژن تشکیل می‌دهند. از هشت درصد باقیمانده هفت درصد به اتم‌های هلیوم و تنها یک درصد به اتم‌های 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 توده 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 ماده اولیه مورد نیاز برای تولد دومین نسل از ستارگانی را فراهم آوردند که تصور می‌شود سامانه خورشیدی حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش از ستاره‌ای متعلق به همین نسل به وجود آمده باشد. ستاره غول‌آسایی که پس از فروپاشی، عمده ویژگی‌های خود را در ستاره کوچک و جوانی چون خورشید به امانت گذاشت و زمین که قطعه بسیار کوچکی از آن بود، تنها حدود ۹۰ عنصر سبک و سنگین ساخته شده در آن ستاره را به ارث برد. ضمن آن‌که در هسته به شدت داغ خود نیز اندکی از گرمای آن ستاره مادر را به یادگار نگاه داشته است.

مطالعه ساختار ماده، تلاشی به قدمت تاریخ

مطالعه روی عنصرها به حدود ۲۵ سال پیش برمی‌گردد. زمانی که تالس فیلسوف یونانی آب را عنصر اصلی سازنده جهان هستی می‌دانست. دوپست سال پس از او ارسطو سه عنصر هوا، خاک و آتش را به عنصر پیشنهادی تالس افزود و این چهار عنصر را عنصرهای سازنده 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 مطالعه طبیعت بود، به پژوهش‌های عملی نیز اقدام کنند. توصیه او مورد توجه قرار گرفت و در سال ۱۸۳۳ جان دالتون شیمی دان انگلیسی با نظریه اتمی خود گام مهمی برای مطالعه ماده و ساختار آن برداشت.

دالتون با استفاده از واژه یونانی اتم که به معنای تجزیه ناپذیر است، ذره‌های سازنده عناصر را توضیح داد. این دیدگاه که همه مواد از ذره‌های کوچک و تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده‌اند، نخستین بار ۲۵ سال پیش توسط دموکریت فیلسوف یونانی مطرح شده بود، اما دالتون با اجرای آزمایش‌های بسیار از نو به آن دست یافت. وی نظریه اتمی خود را در هفت بند و به شرح زیر بیان کرد:

- ۱- ماده از ذره‌های تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده است.
- ۲- همه اتم‌های یک عنصر مشابه یکدیگرند.
- ۳- اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.
- ۴- اتم‌های مختلف جرم و خواص شیمیایی متفاوتی دارند.
- ۵- اتم‌های 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 سازنده آن یکسان است.

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

اگر چه امروز می‌دانیم که اتم‌ها خود از ذره‌های کوچک‌تری (ذره‌های زیر اتمی) ساخته شده‌اند و همه آن ویژگی‌هایی را ندارند که دالتون برای آنها برشمرده بود ولی هنوز هم باور داریم که اتم کوچک‌ترین ذره یک عنصر است که خواص شیمیایی و فیزیکی عنصر یاد شده به ویژگی‌های آن بستگی دارد. به هر حال نظریه اتمی دالتون علی‌رغم نارسایی‌ها و ایرادهایی که داشت به نقطه آغازی برای مطالعه دقیق‌تر و عمیق‌تر ساختار و رفتار (خواص) ماده تبدیل شد.

الکترون نخستین ذره زیر اتمی 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 الکتروسیته 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 سازنده 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 می گویند - یک واکنش شیمیایی در آن به وقوع می پیوندد. فیزیک دان ها برای توجیه این مشاهده ها برای الکتروسیته ذره ای بنیادی پیشنهاد کردند و آن را **الکترون** نامیدند. اما، در آن زمان به وجود رابطه ای میان اتم و الکترون پی برده نشد.



مایکل فارادی
(۱۸۶۷-۱۷۹۱)

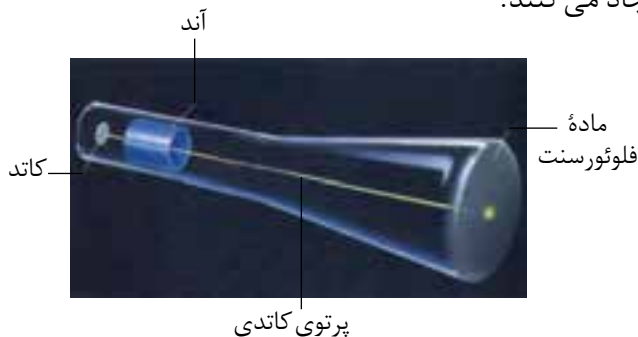


برقکافت، یک واکنش شیمیایی است که با عبور جریان برق از درون یک محلول به وقوع می پیوندد. اجرای چنین آزمایش هایی توسط فارادی در قرن ۱۹ به کشف الکترون منجر شد. این تصویر، برقکافت محلول قلع (II) کلرید در آب را نشان می دهد.

جورج استونی فیزیک دان ایرلندی در سال ۱۸۹۱ ذره های حمل کننده جریان برق را **الکترون** نامید.

همچون دانشمندان

لوله پرتوی کاتدی لوله ای شیشه ای است که تقریباً همه هوای درون آن به کمک پمپ خلأ خارج شده است. در دو انتهای این لوله یک قطعه فلز نصب شده است که به آن **الکترو** می گویند. هنگامی که یک ولتاژ بسیار قوی بین این دو الکترو اعمال شود، پرتوهایی از الکترو منفی (کاتد) به سمت الکترو مثبت (آند) جریان می یابد. بنابراین به آنها **پرتوهای کاتدی** می گویند. این پرتوها بر اثر برخورد با یک ماده فلوئورسنت، نور سبزرنگی ایجاد می کنند.



فلوئورسنت به ماده ای با خاصیت فلوئورسانس گفته می شود. فلوئورسانس از جمله خواص فیزیکی برخی مواد شیمیایی است. مواد دارای این خاصیت نور با طول موج (رنگ) اگر طول موج در ناحیه مرئی باشد) معینی را جذب می کنند و به جای آن نور با طول موج بلندتری را منتشر می سازند. تابش این نور با قطع شدن منبع نور قطع می شود.

روی سولفید (ZnS) از جمله مهم ترین مواد فلوئورسنت است که در تولید لامپ تلویزیون و نمایشگرها کاربرد دارد.

تخلیه الکتریکی هنگامی رخ می دهد که بدون اتصال مستقیم بین دو جسم، الکترون ها از یکی به دیگری منتقل شود. شرط این جابه جایی اختلاف پتانسیل بالا است.

با دقت به شکل های صفحه بعد نگاه کنید. هر شکل یکی از آزمایش های جوزف تامسون فیزیک دان انگلیسی روی لوله پرتوی کاتدی را نشان می دهد. او که یکی از پیشگامان مطالعه ساختار اتم بوده است، پس از اجرای آزمایش های بسیاری سرانجام موفق شد نسبت بار به جرم الکترون را اندازه گیری کند. در زیر این شکل ها سه نتیجه گیری مهم تامسون



جوزف تامسون
(۱۸۵۶-۱۹۴۰)



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.

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

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

آورده شده است. به نظر شما تامسون از چه مشاهده‌هایی به هر یک از این 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- همهٔ مواد دارای الکترون هستند.

جست و جو کنید

در یک فعالیت گروهی تحقیق کنید که پرتوی کاتدی چه کاربردهایی دارد. گزارش این فعالیت را به صورت یک روزنامهٔ 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 $1/6.02 \times 10^{-19} \text{ C}$ و $9/10.9 \times 10^{-28} \text{ g}$ است. جوزف تامسون به کمک آزمایش‌های خود ضمن اثبات وجود الکترون در اتم و معرفی الکترون به عنوان یک ذرهٔ زیر اتمی، موفق شد ساختاری برای اتم پیشنهاد کند، شکل ۱. وی ویژگی‌های اتم خود را این چنین برشمرد.

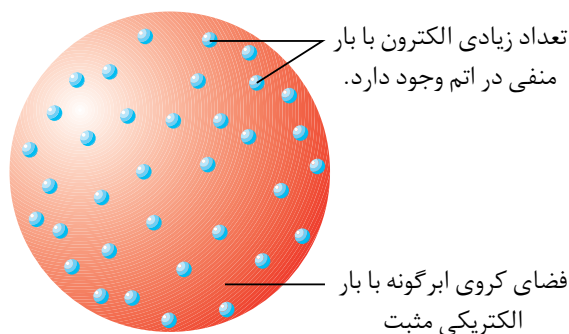
۱- الکترون‌ها که ذره‌هایی به بار منفی هستند درون فضای کروی ابرگونه‌ای با بار الکتریکی مثبت، پراکنده شده‌اند.

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.



شکل ۱ مدل اتمی تامسون

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

پروژایی

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 فسفرسانس مواد شیمیایی کار می‌کرد به‌طور تصادفی با پدیده جالبی روبه‌رو شد.

فکر کنید

متن زیر چگونگی کشف بزرگ هانری بکرل را در قالب داستانی کوتاه بیان می‌کند. بادقت آن را بخوانید و سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

هانری سومین نسل از یک خانواده دانشمند پرور فرانسوی بود. او که افزون بر عشق به کسب دانش، سنگ‌های معدنی و ترکیب‌های شیمیایی آزمایشگاه پدرش ادموند را نیز به‌ارث برده بود، با علاقه‌مندی کار پدرش روی پدیده فلوتورسانس و فسفرسانس را ادامه داد. در آن زمان هانری با خواندن مقاله‌ای در مورد شیوه تولید پرتوهای X که به تازگی توسط رونتگن کشف شده بود، در این اندیشه فرو رفت که شاید مواد دارای خاصیت فلوتورسانس یا فسفرسانس نیز در هنگام نورافشانی چنین پرتوی مرموزی را تابش می‌کنند. از این رو بر آن شد که ترکیب‌هایی برگزیند و در این باره به تحقیق بپردازد. او برای این کار بلورهای ماده‌ای را برای مدتی در برابر نور خورشید قرار می‌داد و بی‌درنگ در محیطی تاریک روی یک فیلم خام عکاسی می‌گذاشت که درون یک پاکت کاغذی تیره بود. پس از چند دقیقه فیلم را برداشته، ظاهر می‌کرد و از روی میزان وضوح تصویر، شدت تابش آن ماده را اندازه می‌گرفت.

روز چهارشنبه ۲۶ فوریه سال ۱۸۹۶ هانری در ادامه آزمایش‌هایش روی فسفرسانس طبیعی



هانری بکرل
(۱۸۵۲-۱۹۰۸)

ترکیب‌های اورانیوم دار پدرش، دو قطعه از بلورهای یکی از این ترکیب‌ها را برداشت و همه وسایل کار خود را آماده کرد. اما، از آنجا که هوای شهر پاریس کاملاً آبری بود، از انجام آزمایش چشم‌پوشی 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 بیشتر 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 آنها رفت و تصمیم گرفت فیلم درون کشور را ظاهر کند. او با کنجکاوی فیلم را به تاریک‌خانه برد و آن را در محلول ظهور عکس قرار داد. پس از چند دقیقه هیجان‌زده از تاریک‌خانه بیرون آمد، پشت میز کار خود نشست و عبارت‌های زیر را یادداشت کرد:

«دوشنبه اول مارس ساعت ۹:۱۴؛ نتیجه آزمایش روی نمونه شماره سیزده: با این که آزمایش‌هایم روی مواد فسفرسانس نشان داده بود که همواره وضوح تصویر پس از چند ثانیه به شدت کاهش می‌یابد، اما در این آزمایش برخلاف انتظارم پس از این مدت حضور در تاریکی ایجاد تصویری با این وضوح شگفت‌انگیز به نظر می‌رسد. نمی‌دانم چرا؟ اما فکر می‌کنم که پدیده تازه‌ای را کشف کرده‌ام.»



فیلم عکاسی بکرل پس از ظهور، دو قطعه بلور آفتاب ندیده بکرل به وضوح دیده می‌شوند.

- ۱- هانری مشاهده یاد شده را چگونه تفسیر کرد که آن را کشف پدیده‌ای تازه نام نهاد؟
- ۲- آیا مشاهده یاد شده برای این نتیجه‌گیری کافی به نظر می‌رسد؟ چرا؟
- ۳- برای افزایش اطمینان به این نتیجه‌گیری چه پیشنهادی به هانری دارید؟



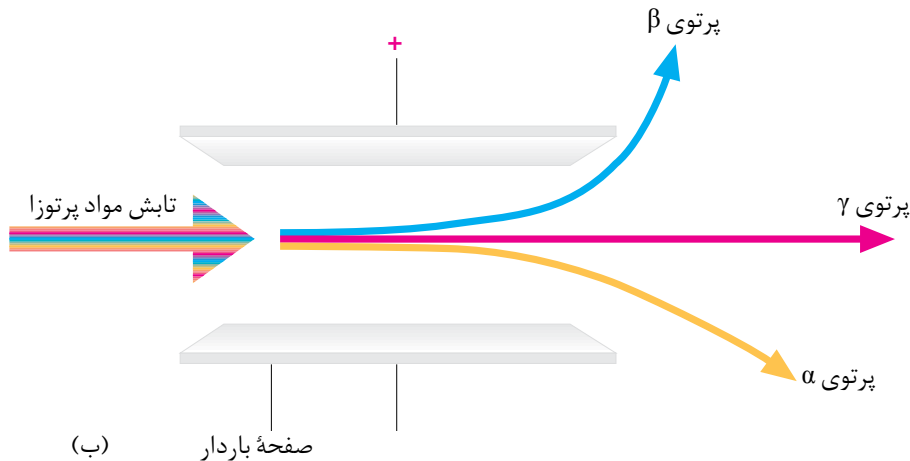
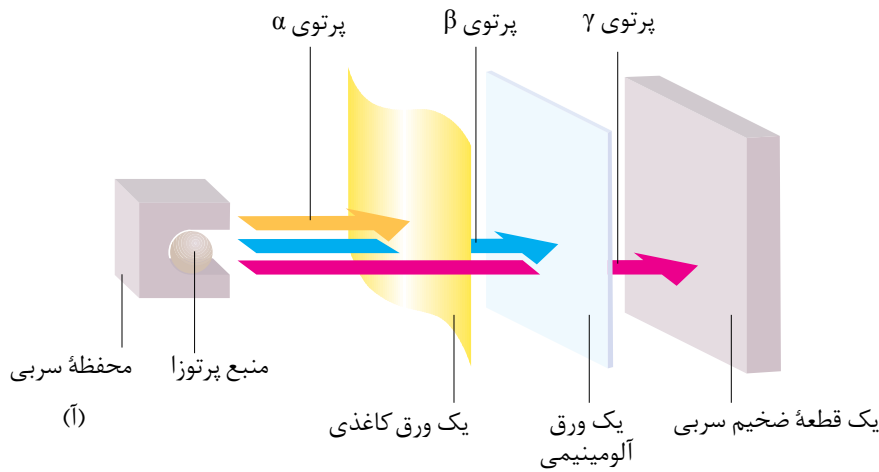
ارنست رادرفورد
(۱۸۷۱-۱۹۳۷)

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 علاقه‌مند 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 شکل های زیر نگاه کنید و سپس به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



۱- کدام تابش قدرت کمتری برای نفوذ در اجسام دارد؟ چه مشاهده ای شما را به

این نتیجه گیری رسانده است؟

۲- رادرفورد نشان داد که یکی از تابش ها، جریانی از ذره های باردار است که جرم آنها چهار برابر جرم اتم هیدروژن است. در ضمن، تابش دیگر هم مانند پرتوهای کاتدی جریانی از الکترون های 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 می دهد که پدیده پرتوزایی با کاهش جرم ماده پرتوزا همراه است.

آیا این مشاهده با دیدگاه دالتون درباره اتم هم خوانی دارد؟ شرح دهید.

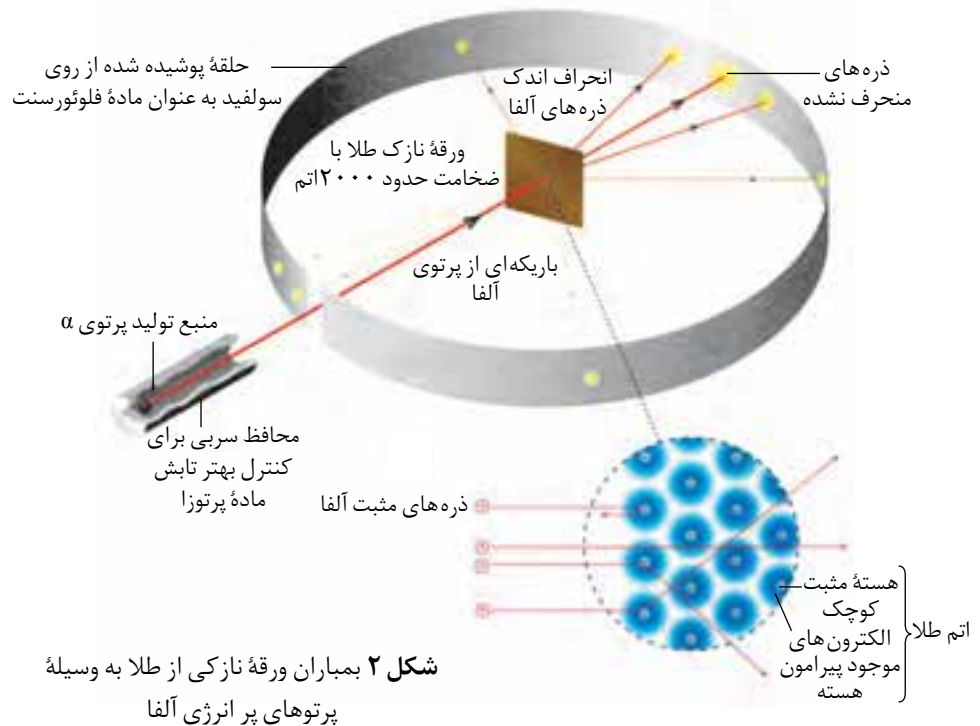
رادرفورد نتوانست تشکیل تابش های حاصل از مواد پرتوزا را به کمک مدل اتمی

تامسون توجیه کند. از این رو در درستی این مدل تردید کرد. وی در سال ۱۹۱۰ برای

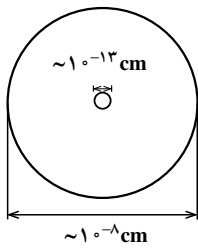
شناسایی دقیق‌تر ساختار اتم آزمایش جالبی را طراحی و اجرا کرد. او در این آزمایش، شکل ۲، ورقه نازکی از طلا را با ذره‌های آلفا بمباران کرد، به امید آن که همه ذره‌های پرنرژی و سنگین آلفا که دارای بار مثبت نیز هستند با کمترین میزان انحراف از این ورقه نازک عبور کنند. (چرا؟) اما آزمایش نتایج دیگری داشت.

رادرفورد از نتایج این آزمایش شگفت زده شد و گفت: « بازگشت ذره‌های آلفا با زاویه‌ای نزدیک به 180° واقعاً باور نکردنی است. مانند این است که شما یک گلوله 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 هسته آن را به طور تقریبی محاسبه کند.



شکل ۲ بمباران ورقه نازکی از طلا به وسیله پرتوهای پرنرژی آلفا



ابعاد تقریبی یک اتم طلا و هسته آن

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 ارائه این مدل انجامید در زیر آمده است. او از کدام مشاهده کدام نتیجه‌گیری را کرده است؟ شرح دهید.

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

ماری کوری شیمی‌دان مشهور لهستانی در سال ۱۸۲۷ 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 ادامه تحصیل پرداخت. در سال ۱۸۹۱ برای تحصیل در دانشگاه سوربون، به پاریس رفت و در آن جا با پی‌یر کوری، فیزیک‌دان فرانسوی آشنا شد و با وی ازدواج کرد.

ماری و پی‌یر، همراه با هانری بکرل روی نمک‌های اورانیم کار می‌کردند. آنها در خلال سال‌های ۱۸۹۲ و ۱۸۹۴ در انبار متروکی که توسط رییس دانشکده پزشکی سوربون برای زندگی به آنها داده شده بود، با وسایل و امکانات اندک بررسی‌های خود را روی نوعی از سنگ‌های معدنی به نام پیچیلاند 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 پیچیلاند نیاز بود، اما در سال ۱۹۰۲، ماری و پی‌یر با همکاری بکرل توانستند از یک دسی‌گرم رادیم کلرید، رادیم خالص را به دست آورند. مادام کوری و همسرش پی‌یر کوری نشان دادند که واکنش‌های شیمیایی توانایی مواد پرتوزا را به نشر پرتوهای پرانرژی 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، جایزه نوبل در فیزیک را دریافت کردند.

سه سال پس از دریافت این جایزه، پی‌یر در سن ۴۶ سالگی در یک تصادف جان خود را از دست داد. با این حال ماری از تلاش دست برداشت و در خلال سال‌های ۱۹۰۲ تا ۱۹۱۲، ۲۹ ایزوتوپ پرتوزایی دیگر را کشف کرد. در سال ۱۹۰۷، ماری موفق به اندازه‌گیری جرم اتمی رادیم شد و به خاطر این کار برای بار دوم جایزه 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 فیزیک‌دان انگلیسی به نام فردریک جولیو ازدواج کرده بود، به همراه همسرش دست به بررسی‌هایی در زمینه شیمی هسته‌ای زد که به کشف یک ذره بنیادی تازه به نام پوزیترون انجامید. اما پیش از آن که ماری شاهد دریافت جایزه نوبل فیزیک توسط دخترش باشد، در سال ۱۹۲۴، به علت ابتلا به سرطان خون، درگذشت. سال بعد، ایرن جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد. در همین سال نیز، سیبورگ با استفاده از روش بمباران پلوتونیم ۲۳۹ با پرتوی آلفا، عنصری را به دست آورد که به افتخار ماری و پی‌یر کوری، و به پاس خدمات آنها به دانش بشری، کوریم (با عدد اتمی ۹۶) نام گرفت.

از گفته‌های ماری کوری است که :

«جهان امروز، از نداشتن دارویی به نام پرهیز و اخلاق رنج می‌برد.»



ماری کوری
(۱۸۶۷-۱۹۳۴)
و همسرش پی‌یر کوری
(۱۸۵۹-۱۹۰۶)

دیگر ذره‌های سازنده اتم

آزمایش بعدی رادرفورد و همکارانش از دیگر اسرار اتم پرده برداشت و در سال ۱۹۱۹ دومین ذره سازنده 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 ذره دیگری در اتم سخن به میان آورد. وی گفت: «پروتون‌ها تنها ذره سازنده هسته نیستند بلکه آزمایش‌های من نشان می‌دهد که در هسته اتم باید ذره دیگری وجود داشته باشد که بار الکتریکی ندارد، اما جرم آن با جرم پروتون برابر است.» رادرفورد دوازده سال بر این نکته تأکید کرد، اما در جامعه علمی آن روز کسی گفته او را بدون ارائه 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 ذره خنثی را در اتم به اثبات رسانید. **نوترون** نامی بود که بر این ذره 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. رادرفورد با استفاده از این نتایج توانست مقدار بار مثبت هسته برخی از اتم‌ها را تعیین کند.

مطالعه گسترده او روی پرتوهای X تولید شده از عنصرهای مختلف زمینه‌ساز کشف پروتون به عنوان دومین ذره زیر اتمی شد. امروز از او به عنوان کشف‌کننده پروتون یاد می‌شود اگرچه استاد او رادرفورد با تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی موزلی به وجود پروتون پی برد.

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 همه اتم‌های یک عنصر، یکسان است. بنابراین می‌توان به کمک عدد اتمی نوع عنصر را معین کرد.

عدد جرمی و ایزوتوپ‌ها

جرم اتم به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته آن بستگی دارد و جرم الکترون‌ها حتی اگر اتم بیش از ۱ 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.

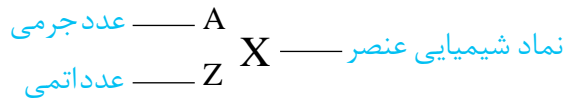
به پروتون یا نوترون، نوکلئون (nucleon) یا ذره سازنده هسته نیز می‌گویند.



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

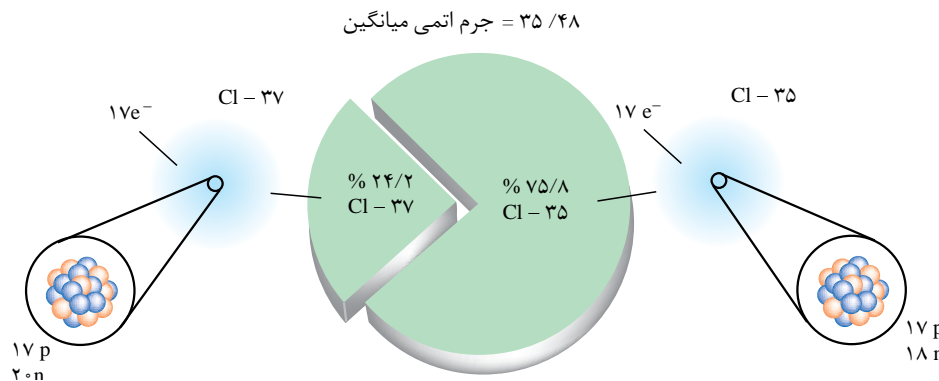
$$A = Z + N$$

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



دانشمندان به کمک دستگاهی به نام طیف سنج جرمی جرم اتم‌ها را با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که همه اتم‌های یک عنصر جرم یکسانی ندارند. از آن‌جا که عدد اتمی و در واقع تعداد پروتون‌ها در همه اتم‌های یک عنصر یکسان است، پس تفاوت جرم باید به تعداد نوترون‌های موجود در هسته 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، شکل ۳.

غده تیروئید در جلوی گردن قرار دارد و هورمون‌های تیروئیدی (T_3 و T_4) را ترشح می‌کند. این غده برای ساختن این هورمون‌ها مقدار زیادی از یک ماده غذایی را در خود جمع می‌کند. از این رو رادیوایزوتوپ ${}^{131}\text{I}$ برای تشخیص بیماری‌های غده تیروئید به کار می‌رود.



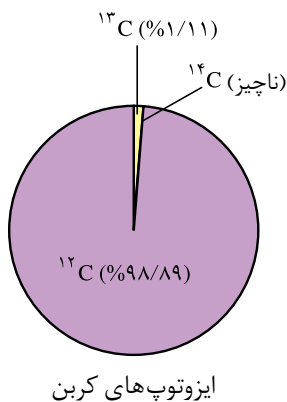
شکل ۳ ایزوتوپ‌های کلر

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که فراوانی ایزوتوپ‌ها در طبیعت یکسان نیست. برخی فراوان‌تر و برخی کمیاب‌ترند. برای مثال تقریباً 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 ۷۵/۸ درصد از اتم‌های کلر ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ و ۲۴/۲ درصد آنها را ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ تشکیل می‌دهد.

استفاده از نمک یددار در رژیم غذایی برای سالم ماندن غده تیروئید ضروری است.

جرم یک اتم

شیمی دان‌ها در سده‌های ۱۸ و ۱۹ میلادی موفق شدند که به روش 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، شیمی‌دان‌ها ناگزیر شدند جرم خاصی را به یک عنصر معین نسبت دهند و سپس به کمک نسبت‌های اندازه‌گیری شده، جرم عنصرهای دیگر را محاسبه کنند. سرانجام فراوان‌ترین ایزوتوپ کربن یعنی کربن 12 (^{12}C) برای این منظور انتخاب شد. این اتم کربن در هسته خود ۶ پروتون و ۶ نوترون دارد. دانشمندان جرم این اتم را دقیقاً برابر با 12 در نظر گرفتند. با این حساب اتم اکسیژن که جرمی معادل $1/33$ برابر جرم اتم کربن دارد، در این مقیاس جرمی برابر با 16 خواهد داشت. جرم اتم عنصرهای دیگر نیز به همین شیوه اندازه‌گیری شد. شیمی‌دان‌ها برای جرم یک اتم یا **جرم اتمی**، amu را که کوتاه شده 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 12 است. بنابراین در این مقیاس جرم اتم کربن 12 برابر با 12 amu و جرم اتم اکسیژن، 16 amu خواهد بود. در این مقیاس جرم پروتون و نوترون تقریباً 1amu است. در حالی که جرم الکترون تقریباً یک دوازدهم ($\frac{1}{1836}$) این مقدار است. در جدول ۱ ویژگی‌های این ذره‌های زیراتمی را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱ برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی

نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم	
			g	amu
الکترون	${}_{-1}e$	-۱	$9/109 \times 10^{-28}$	$0/0005$
پروتون	${}_{+1}p$	+۱	$1/673 \times 10^{-24}$	$1/0073$
نوترون	${}_{0}n$	۰	$1/675 \times 10^{-24}$	$1/0087$

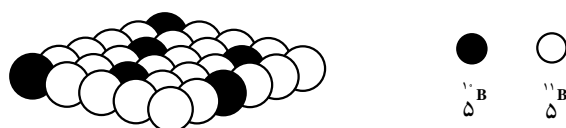
* در این نماد عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کنند.

تاکنون بیش از 2300 ایزوتوپ مختلف (طبیعی و ساختگی) شناخته شده است. در این میان فقط 279 ایزوتوپ پایدار وجود دارد. برخی عنصرها مانند فلور، فسفر و آلومینیم تنها یک ایزوتوپ پایدار دارند. در حالی که برخی از دو یا تعداد بیشتری ایزوتوپ پایدار برخوردارند. برای نمونه قلع ده ایزوتوپ پایدار دارد.

همواره مقدار بار الکتریکی ذره‌های سازنده اتم را نسبت به مقدار بار الکتریکی الکترون می‌سنجند. در این مقیاس نسبی، بار الکترون -1 در نظر گرفته می‌شود.

از آن جا که جرم پروتون‌ها و نوترون‌ها با هم برابر و حدوداً برابر با 1amu است، می‌توان 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 (${}^7\text{Li}$) برابر 7amu 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 می‌رود.

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



نمایش بخشی از یک نمونه طبیعی عنصر بور

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

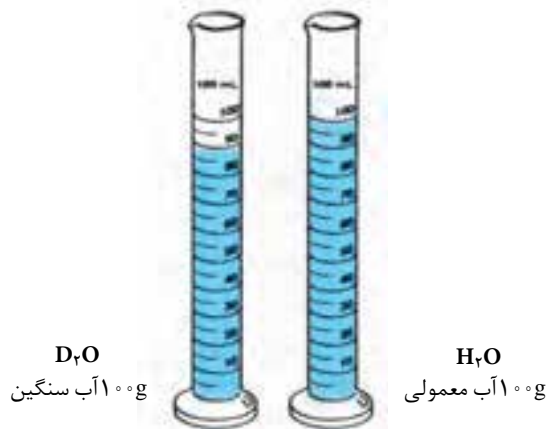
۲- اکسیژن سه ایزوتوپ (^{16}O ، ^{17}O ، ^{18}O) و هیدروژن نیز سه ایزوتوپ (^1H ، ^2D ، ^3T) دارد. با توجه به تعداد ایزوتوپ‌های این دو عنصر، در یک نمونه طبیعی آب که مولکول‌های آن از اتصال ایزوتوپ‌های مختلف اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده است، چند نوع مولکول آب می‌توان یافت؟ جرم هر یک از این مولکول‌ها را حساب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

پایداری ایزوتوپ‌ها به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته بستگی دارد. برای نمونه همه هسته‌هایی که ۸۴ یا بیش از این تعداد پروتون دارند، ناپایدار هستند. اما بر طبق یک قاعده کلی اگر برای هسته‌ای نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌ها $1/5$ یا بیش از این باشد، هسته یادشده ناپایدار خواهد بود. این گونه هسته‌های ناپایدار بر اثر واکنش‌های تلاشی هسته‌ای به هسته‌های پایدار تبدیل می‌شود.

۳- تجربه نشان می‌دهد که ایزوتوپ‌ها خواص شیمیایی یکسانی دارند ولی برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم آنها با هم تفاوت می‌کند. این تفاوت در ترکیب‌های شیمیایی دارای آنها نیز مشاهده می‌شود. با دقت به شکل زیر نگاه کنید.

(آ) از این مشاهده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

(ب) به نظر شما اگر یک قطعه یخ D_2O را در آب معمولی (H_2O) بیندازیم، روی آب شناور می‌ماند یا در آب فرو می‌رود؟ شما چه پیش‌بینی می‌کنید؟ چرا؟



اطلاعات جمع‌آوری کنید

جرم اتم‌ها را به وسیله دستگاهی به نام طیف سنج جرمی اندازه‌گیری می‌کنند. در یک فعالیت گروهی درباره چگونگی کار این دستگاه تحقیق کنید و گزارش خود را در قالب مقاله‌ای به کلاس ارائه دهید.

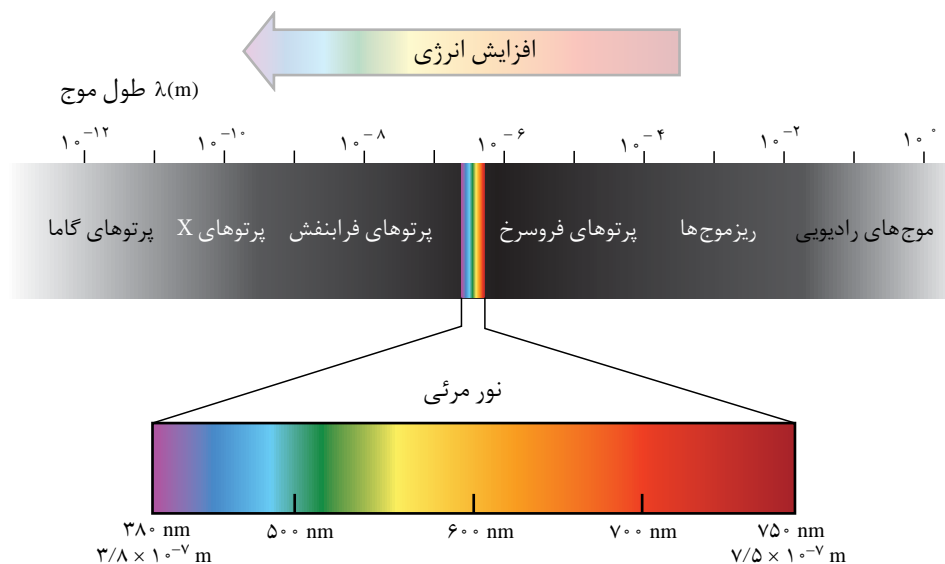
آتش بازی و کشف ساختار اتم

در سال ۱۶۶۶ نیوتون اعلام کرد که نور به هنگام عبور از یک منشور شکافته می شود و طیفی پیوسته از رنگ هایی شبیه رنگین کمان به وجود می آورد. این طیف همه طول موج های نور مرئی را نشان می دهد.



مراسم آتش بازی یک تفریح شیمیایی است!

استفاده از مخلوط مواد شیمیایی برای تولید مواد منفجره، هنری باستانی است. چینی ها از جمله نخستین مردمانی بوده اند که بیش از هزار سال پیش باروت سیاه (مخلوطی از پتاسیم نیترات، گرد زغال و گوگرد) را تهیه کرده، در موارد صلح جویانه به مصرف می رسانده اند. آتش بازی و ایجاد صداهای بلند در جشن ها از جمله محبوب ترین موارد استفاده از باروت سیاه بوده و هست. پیش از سده نوزدهم کشف شد که با افزودن براده های آهن به باروت سیاه می توان جرقه های آتش به رنگ نارنجی تولید کرد. اما، با پیشرفت شگرف دانش شیمی در سده نوزدهم مواد تازه ای به آتش بازی ها راه یافتند. نمک های مس، استرانسیم و باریم رنگ هایی زیبا و گرد منیزیم و آلومینیم نور سفید خیره کننده ای به جرقه های آتش می بخشیدند. همان طور که از شیمی سال اول به یاد دارید، این رنگ ها و نور سفید خیره کننده بخشی از طیف الکترو مغناطیسی هستند، شکل ۴. اما، این پرسش که این رنگ ها چگونه به وجود می آیند همواره بی پاسخ ماند.

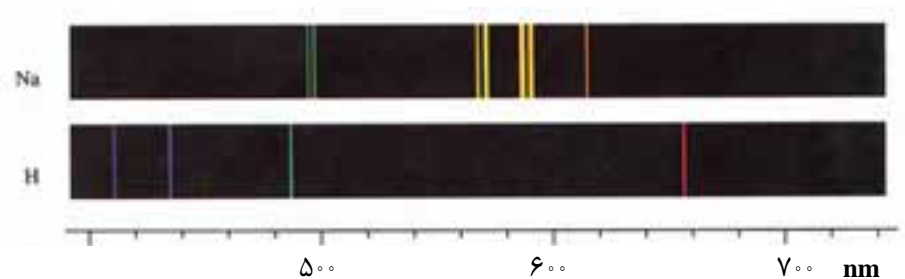


شکل ۴ طیف الکترومغناطیسی

رابرت بونزن شیمی دان معروف آلمانی که چراغ بونزن از نوآوری های 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 شعله مشعل این دستگاه قرار داد، مشاهده کرد که رنگ آبی شعله به سبزی می گراید. همان رنگی که افزودن ترکیب های مس به جرقه های آتش در هنگام 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 ۵ به دست آمد. بونزن این الگو را **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 طیف‌های نشری خطی متفاوتی به دست آورد.



شکل ۵ طیف نشری خطی عنصرهای سدیم و هیدروژن

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

کاربرد طیف‌های نشری خطی از برخی جنبه‌ها مانند کاربرد خط نماد (bar code) روی جعبه یا بسته مواد غذایی یا بسیاری از کالاهایی است که در بازار به فروش می‌رسند. هر نوع کالایی خط نماد خاص خود را دارد و با خواندن خط نماد به کمک دستگاه لیزری ویژه‌ای که به رایانه متصل است، نوع و قیمت کالا به سرعت روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود.



خط نماد

آزمایش کنید

آزمون شعله

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

وسایل مورد نیاز: چراغ بونزن، گیره بوته، شیشه ساعت، شش بشر ۵ mL، چند

گلوله پنبه‌ای

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

روش کار

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

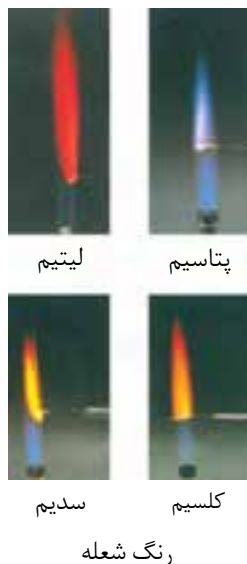
۲- شیشه ساعت را با آب و صابون به طور کامل بشویید و با پارچه تمیزی خشک کنید. سپس پنبه را روی شیشه ساعت قرار دهید. سپس دو سر گیره بوته را با کاغذ سمباده پاک کنید و پس از شست و شو با آب در شعله قرار دهید تا کاملاً خشک شود. این کار را پس از هر بار آزمایش تکرار کنید.

۳- مقداری از نمکی که در اختیار دارید در یک بشر ۵ mL بریزید و در مقدار کمی آب حل کنید. سعی کنید در هر بار مقدار نمک و آب یکسانی به کار ببرید.

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

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

در آزمون شعله، اگر نمک به کار برده شده خلوص بالایی نداشته باشد، رنگ شعله همانند آنچه انتظار می‌رود، نخواهد بود.



شماره آزمایش	نام نمک	رنگ مشاهده شده
۱		
۲		
۳		
۴	نمونه مجهول	

توجه

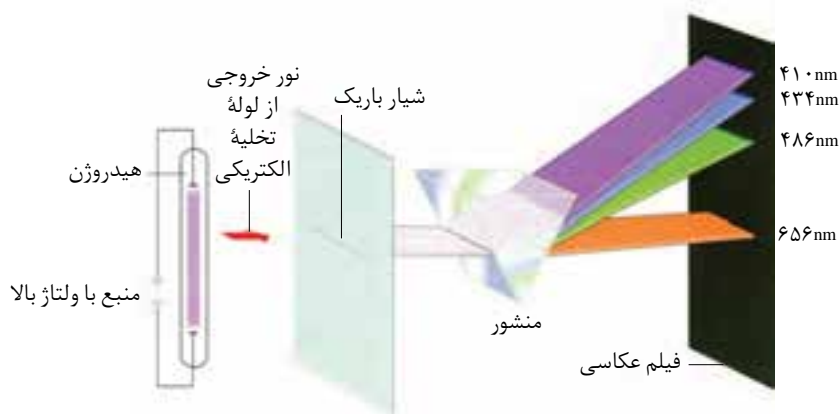
ا) برای اطمینان از نتیجه می‌توانید هر یک از این آزمایش‌ها را دو یا سه بار تکرار کنید.
ب) نمونه مجهول توسط مربی آزمایشگاه و از میان نمک‌هایی انتخاب می‌شود که پیش از این مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

پ) اگر یک افشانه دستی در اختیار داشته باشید می‌توانید محلول این نمک‌ها را در اتانول تهیه کرده با افشاندن آن در شعله تغییر رنگ‌ها را به صورت دیدنی تری مشاهده کنید. از آن جا که اتانول آتش گیر 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 لوله تخلیه الکتریکی دارای گاز هیدروژن با فشار کم، ولتاژ بالایی اعمال شود، بر اثر تخلیه 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 ۶. تلاش برای توجیه علت ایجاد و جایگاه ثابت خط‌های موجود در این طیف، زمینه‌ساز پیشرفت شگرفی در شیمی و فیزیک شد.

انرژی زیاد ایجاد شده به هنگام تخلیه الکتریکی، مولکول‌های دو اتمی هیدروژن (H_2) را به اتم‌های هیدروژن جدا از هم می‌شکند. این اتم‌ها در مقایسه با مولکول‌های هیدروژن انرژی جنبشی بیشتری دارند.



شکل ۶ طیف نشری خطی حاصل از اتم‌های برانگیخته هیدروژن