مطالعه روی عنصرها به حدود ۲۵۰۰ سال قبل برمی‌گردد.

⇦ در آن زمان، **تالس**، **آب** را عنصر اصلی سازنده جهان هستی می‌دانست.

⇦ **ارسطو**، دویست سال پس از تالس، سه عنصر **هوا**، **خاک** و **آتش** را به عنصر پیشنهادی تالس افزود و چهار عنصر آب، هوا، خاک و آتش را عنصرهای سازنده کاینات می‌دانست.

⇦ دو هزار سال بعد، **رابرت بویل**، با انتشار کتاب **شیمی دادن شکاک**:

- ۱- مفهوم تازه‌ای از **عنصر** را معرفی کرد: عنصر ماده‌ای است که نمی‌توان آن را به مواد ساده‌تری تبدیل کرد.
- ۲- شیمی را علمی **تجربی** نامید.
- ۳- از دانشمندان خواست که علاوه بر مشاهده کردن، اندیشیدن و نتیجه‌گیری که هر سه ابزار یونانیان در مطالعه طبیعت بود، به **پژوهش‌های عملی** نیز اقدام کنند.

توصیه بویل به پژوهش‌های عملی مورد توجه دانشمندان قرار گرفت و دالتون با استفاده از واژه یونانی **اتم** (به معنای **تجزیه ناپذیر**) ذره‌های سازنده عنصرها را توضیح داد.

نکته: این ایده که همه مواد از ذره‌های کوچک و تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده‌اند، نخستین بار، ۲۵۰۰ سال پیش توسط **دموکریت** مطرح شده بود. اما دالتون با آزمایش‌های بسیار دوباره به این نتیجه رسید.

دالتون، اولین **نظریه اتمی** را در ۷ بند به شرح زیر بیان کرد:

- ماده از ذرات تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده است.
- همه اتم‌های یک عنصر مشابه یکدیگرند.
- اتم‌ها نه بوجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.
- اتم عنصرهای مختلف، جرم و خواص شیمیایی متفاوتی دارند.
- اتم عنصرهای مختلف به هم متصل می‌شوند و **مولکول‌ها** را بوجود می‌آورند.
- در هر مولکول از یک ترکیب معین، همواره **نوع** و **تعداد نسبی** اتم‌های سازنده آن یکسان است.
- واکنش‌های شیمیایی شامل جابه‌جایی اتم‌ها یا تغییر در شیوه اتصال آن‌ها در مولکول‌هاست. در این واکنش‌ها اتم‌ها خود تغییری نمی‌کنند.

⇦کوچکترین ذره‌ای که خواص فیزیکی و شیمیایی یک عنصر به آن وابسته است، اتم است.

⇦کوچکترین ذره‌ای که خواص فیزیکی و شیمیایی یک ترکیب به آن وابسته است، مولکول است.

⇦ اتم‌ها، معمولاً به حالت ترکیب وجود دارند، مگر گازهای نجیب که در حالت آزاد به صورت تک اتمی هستند.

⇦ تصور دالتون این بود که اتم کره ای تو پر،بی اندازه کوچک و تقسیم ناپذیر است (مدل **توپ تنیس**)

اشکالات نظریه اتمی دالتون:

✓ ۱- دالتون اتم را **تجزیه‌ناپذیر** می‌دانست ولی امروزه می‌دانیم اتم تجزیه‌پذیر است و از ذرات زیر اتمی الکترون، پروتون و ... ساخته شده است.

✓ ۲- دالتون بیان کرد که همه اتم‌های یک عنصر جرم یکسان و خواص شیمیایی **مشابهی** دارند ولی با کشف ایزوتوپ‌ها مشخص شد که اتم‌های یک عنصر ممکن است جرم متفاوت داشته باشند. مثلاً اتم‌های هیدروژن دارای ایزوتوپ با جرم‌های ۱، ۲ و ۳ می‌باشند.

✓ ۳- دالتون معتقد بود که اتم نه بوجود می‌آید و نه از بین می‌رود، در حالیکه با کشف خاصیت **پرتوزایی** مشخص شد که یک اتم ممکن است با نشر پرتو به اتم دیگری تبدیل شود. مثلاً عنصر $^{۲۳۷}_{۸۹}Ac$ در اثر تابش پرتو آلفا $(^{۴}_{۲}\alpha)$ به عنصر $^{۲۲۳}_{۸۷}Fr$ تبدیل می‌شود. $^{۲۳۷}_{۸۹}Ac \rightarrow ^{۲۲۳}_{۸۷}Fr + ^{۴}_{۲}\alpha$

به کمک نظریه اتمی دالتون، می‌توان موارد زیر را توجیه نمود:

✓ ۱- پدیده‌های **فیزیکی** مانند ذوب، تبخیر، انجماد و ...

✓ ۲- ترکیب عنصرها با **نسبت وزنی** مشخص

✓ ۳- تشکیل مولکول‌ها از اتم‌های مختلف

✓ ۳- نوع و تعداد نسبی اتم‌های سازنده مولکول‌ها.

نکته: با توجه به اینکه، دالتون شناختی از **ساختار درونی اتم** و ذرات زیر اتمی سازنده اتم، یعنی الکترون، پروتون و نوترون نداشت، بنابراین، نظریه اتمی دالتون، هر پدیده‌ای را که مربوط به وجود الکترون، پروتون و نوترون باشد را نمی‌تواند توجیه کند. مانند:

⇦ ظرفیت عنصرها،پیوند بین اتم‌ها،الکترولیز (برقکافت)،انرژی یونش،ایزوتوپ‌های یک اتم،پرتوزایی،پرتو کاتدی

⇦دالتون توضیحی درباره روند های تناوبی و تغییر تدریجی خواصی مانند الکترونگاتیوی در دوره ها و گروه ها نداده بود.

الکترون،نخستین ذره زیر اتمی شناخته شده:

اجرای آزمایش‌های بسیاری با الکتریسیته، مقدمه‌ای برای شناخت **ساختار درونی اتم** بوده است. پس از کشف **الکتریسیته 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 شود.

⇦ **فارادی** مشاهده کرد که به هنگام عبور **جریان برق** از میان 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 الکتریسیته، **ذره‌ای بنیادی** پیشنهاد کردند و آن را **الکترون** نامیدند، اما در آن زمان، **به وجود رابطه‌ای میان اتم و الکترون پی برده نشد.**

نکته:پدیده‌هایی مانند الکتریسیته ساکن (مالشی)، برقکافت، پرتو کاتدی و ... اشاره به **ماهیت الکتریکی** مواد دارند.

نکته: تامسون با انجام آزمایش لوله پرتو کاتدی، اثبات کرد که الکترون یکی از اجزاء سازنده همه اتم‌هاست. به عبارت دیگر **تامسون، الکترون را کشف نکرد**، بلکه او فقط نشان داد که اتم‌ها قابل تجزیه هستند و الکترون یکی از اجزاء سازنده همه اتم‌هاست.

⇦ **استونی ،ذره های حمل کننده جریان برق را الکترون نامید.**

تست ۱: کدام یک مربوط به رابرت بویل **نمی‌باشد**؟

۱) توصیه پژوهش‌های عملی ۲) انتشار کتاب شیمی‌دان شکاک

۳) تجربی نامیدن علم شیمی ۴) معرفی مفهوم تازه‌ای از اتم

تست ۲: نخستین بار، کدامیک مطرح کرد که همه مواد از ذره‌های کوچک و تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده است؟

۱) بویل ۲) دالتون ۳) ارسطو ۴) دموکریت

تست ۳: در کدام یک از گزینه‌های زیر عبارت درستی بیان **نشده** است؟

۱) مشاهده کردن، اندیشیدن و نتیجه‌گیری، هر سه، تنها ابزار یونانیان در مطالعه طبیعت بود.

۲) دالتون، توصیه بویل را مورد توجه قرار داد و نظریه اتمی خود را ارائه داد.

۳) دالتون، با استفاده از واژه یونانی اتم که به معنای تجزیه‌پذیر است،ذره‌های سازنده عنصرها را توضیح‌داد.

۴) طبق نظریه اتمی دالتون، اتم‌ها نه بوجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.

تست ۴: کدام یک جزو هفت بند نظریه اتمی دالتون نمی‌باشد؟

۱) ماده از ذرات تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده است.

۲) همه اتم‌های یک عنصر مشابه یکدیگرند.

۳) همه اتم‌های یک عنصر جرم یکسان و خواص فیزیکی مشابه دارند.

۴) واکنش‌های شیمیایی شامل جابه‌جایی اتم‌ها یا تغییر در ساختار و شیوه اتصال آن‌ها در مولکول‌هاست.

تست ۵: «اتم‌ها نه بوجود می‌آیند و نه از بین می‌روند» این بند از نظریه اتمی دالتون توسط کدام مورد زیر نقض می‌شود؟

۱) قانون پایستگی جرم ۲) فرازش (تصعید) ۳) ایزوتوپ‌ها ۴) پرتوزایی

تست ۶: نظریه اتمی دالتون در توجیه کدام مورد زیر نارسایی داشت؟

۱) ترکیب اتم‌ها به نسبت وزنی مشخص ۲)ترکیب عنصرها با ظرفیت معین

۳)تبخیر مایعات بر اثر حرارت ۴)ذوب شدن جامدات بر اثر حرارت

تست ۷: نخستین ذره زیر اتمی شناخته شده کدام است؟

۱) هسته ۲) پروتون ۳) الکترون ۴) نوترون

تست ۸: برقکافت (الکترولیز)، یک واکنش ..... است که با عبور جریان برق از درون محلول به وقوع می‌پیوندد. اجرای چنین آزمایش‌هایی توسط ..... در قرن ۱۹ به کشف ..... منجر شد.

۱) شیمیایی، فارادی، الکترون ۲) شیمیایی، فارادی، وجود رابطه اتم و الکترون

۳) فیزیکی، بکرل، پروتون ۴) فیزیکی، بکرل، وجود رابطه بین پروتون و الکترون.

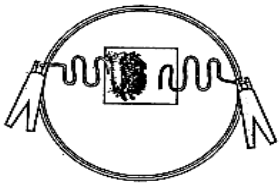
تست ۹:کدام مطلب با نظریه‌ی اتمی دالتون قابل توجیه است؟

۱) پدیده‌ی برقکافت ۲) وجود ایزوتوپ‌های یک عنصر

۳) تولید الکتریسیته‌ی ساکن یا مالشی ۴) ترکیب شدن عنصرها به نسبت وزنی مشخص

تست ۱۰:

شکل روبه‌رو نشان‌دهنده‌ی پدیده‌ی ..... است که منجر به کشف ..... شد.

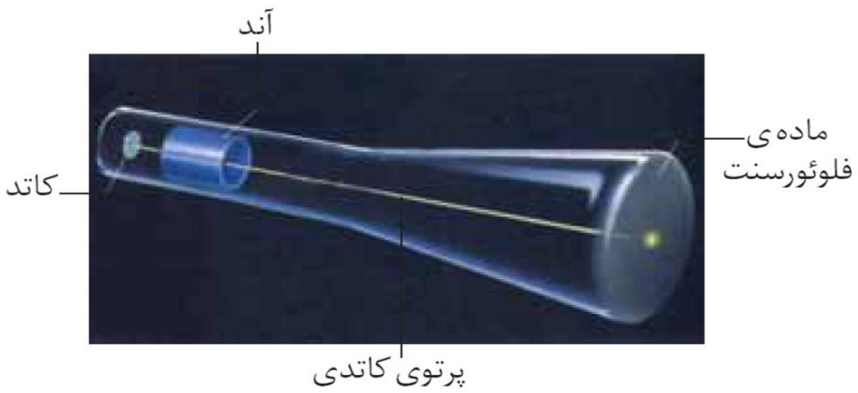


۱) فلوئورسانس ـ پرتوزایی ۲) فلوئورسانس ـ الکترون

۳) برقکافت ـ پرتوزایی ۴) برقکافت ـ الکترون

آزمایش لوله پرتو کاتدی تامسون:

لوله پرتو کاتدی، لوله‌ای شیشه‌ای است که **تقریبا همه** هوای درون آن به کمک پمپ خلا خارج شده است. در دو انتهای این لوله یک قطعه فلز نصب شده است که به آن **الکترود** می‌گویند. وقتی **ولتاژ بسیار قوی** بین این دو الکترود (آند و کاتد) اعمال می‌شود، پرتوهایی از الکترود منفی (کاتد) به سمت الکترود مثبت (آند) جریان می‌یابد. از این رو به آن‌ها، **پرتوهای کاتدی** می‌گویند.



⇦ این پرتوها بر اثر برخورد با یک ماده فلوئورسنت (مانند ZnS)، نور **سبزرنگی** ایجاد می‌کنند.

نکته: پرتو کاتدی از جنس **الکترون** است. الکترونی که به خاطر اختلاف ولتاژ بسیار قوی بین دو صفحه فلزی، از صفحه کاتد به سمت صفحه آند، می آید. دلیل استفاده از ولتاژ بالا، افزایش تمایل الکترون‌ها برای جدا شدن از سطح کاتد فلزی و پرتاب شدن آنها به سمت آند می‌باشد.

⇦ روی اغلب نمایشگرهای رایانه، حروف CRT نوشته شده که کوتاه شده Cathode Rays Tube به معنای لوله پرتوهای کاتدی است.

نکته: در لوله پرتو کاتدی، **بیشتر** هوای درون لوله به کمک پمپ خلاء خارج می‌شود، نه همه هوای آن. زیرا وجود اندکی گاز درون لوله برای مشخص شدن مسیر عبور پرتو لازم است. اگر فشار گاز درون لوله زیاد باشد، مقاومت اتم‌ها یا مولکول‌های گاز درون لوله در برابر حرکت الکترون‌ها از کاتد به سمت آند افزایش می‌یابد. پس باید فشار گاز درون لوله پایین باشد (در حدود 10^{-4} اتمسفر)

تامسون، پس از مشاهدات خود از آزمایش لوله پرتو کاتدی به نتایج مهم زیر دست یافت:

- ۱- **پرتوهای کاتدی به خط راست حرکت می‌کنند.** زیرا اگر لوله پرتو کاتدی تحت تأثیر میدان الکتریکی یا مغناطیسی خارجی قرار نگیرد، آثار نور سبز رنگ در صفحه فلوئورسنت، درست در نقطه مقابل کاتد دیده می‌شود. همچنین با گذاشتن یک جسم بر سر راه پرتوهای کاتدی، سایه جسم در پشت آن تشکیل می‌شود.
- ۲- **پرتوهای کاتدی دارای بار الکتریکی منفی هستند.** هرگاه میدان الکتریکی یا مغناطیسی خارجی بر لوله پرتو کاتدی اعمال شود، پرتوهای کاتدی از مسیر اصلی خود منحرف می شوند. از این مشاهده می‌توان نتیجه گرفت که پرتو کاتدی دارای بار الکتریکی است. همچنین در حضور میدان الکتریکی خارجی، پرتو کاتدی به سمت **قطب مثبت** منحرف می شود. بنابراین از این مشاهده می‌توان نتیجه گرفت که پرتو کاتدی دارای بار الکتریکی **منفی** است.

⇦ در حضور میدان مغناطیسی خارجی، پرتوهای کاتدی در جهت عمود بر جهت میدان منحرف می شوند.

- ۳- **پرتوهای کاتدی به هنگام عبور، گاز رقیق درون لوله را ملتهب می سازند.** تام سون با ا ستفاده از گازهای مختلف درون لوله پرتو کاتدی (مانند گاز هیدروژن، هوا و ...) مشاهده کرد که اتم‌های گاز رقیق درون لوله پرتو کاتدی شروع به گسیل نور می‌کنند. بنابراین نتیجه گرفت که پرتوهای کاتدی به هنگام عبور، گاز رقیق درون لوله را ملتهب می‌سازند. به عنوان مثال، اگر در لوله پرتو کاتدی، گاز هیدروژن با فشار کم داشته باشیم، بر اثر عبور پرتوهای کاتدی، گاز هیدروژن درون لوله با رنگ صورتی روشن به التهاب درمی‌آید.
- ۴- **همه مواد دارای الکترون هستند.** تامسون مشاهده کرد که با تغییر جنس گاز درون لوله پرتو کاتدی (مثلاً از هلیم به نئون) و همچنین با تغییر جنس الکترودهای فلزی (مثلاً از نیکل به روی)، تغییری در مشاهدات قبلی ایجاد نمی‌شود و پرتوهای کاتدی با همان ویژگی‌های قبلی دوباره تولید می‌شوند. بنابراین نتیجه گرفت که همه مواد دارای یک ذره بنیادی به نام الکترون با بار منفی هستند که این الکترون‌ها، سازنده پرتوهای کاتدی هستند.

ب) لوله دارای اندکی گاز هیدروژن است.

آ) لوله دارای اندکی هوا است.

ت) میدان الکتریکی در بیرون از لوله برقرار شده

پ) کاتد از آهن به مس تغییر یافته است.

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

نکته: تامسون به کمک میزان انحراف پرتوهای کاتدی در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، توانست نسبت **بار به جرم الکترون** را تعیین کند. برای این کار او از هر دو میدان، **همزمان** به گونه‌ای استفاده کرد که پرتو کاتدی بدون انحراف عبور کند .

$$\frac{\text{بار الکترون}}{\text{جرم الکترون}} = -۱/۷۶ \times ۱۰^{۸}\ {}^{C}/_{g}$$

⇦ 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. بدین ترتیب جرم الکترون نیز با کمک نسبت بد ست آمده تو سط تامسون محا سبه شد. مقدار پذیرفته شده برای بار و جرم الکترون به ترتیب $۱/۶۰۲\times۱۰^{-۱۹}C$ و $۹/۱۰۹\times۱۰^{-۲۸}g$ است.

نکته: همواره مقدار بار الکتریکی ذره‌های سازنده اتم را نسبت به مقدار بار الکتریکی الکترون می‌سنجند.

⇦ در این **مقیاس نسبی** بار الکترون، ۱- در نظر گرفته می‌شود.

⇦بار واقعی الکترون $-1/602\times10^{-19}C$ می باشد.

فلوئورسانس و فسفرسانس:

⇦ از جمله خواص **فیزیکی** برخی مواد **شیمیایی** ا ست. مواد دارای این خواص، نور با طول موج معینی را جذب می‌کنند و به جای آن نور با **طول موج بلندتری** را منت شر می سازند (اگر طول موج در ناحیه مریی با شد، نور جذب یا منت شر شده، **رنگی** خواهد بود).

⇦ در مواد دارای خا صیت فلوئور سانس (مواد فلوئور سنت) ،تابش نور با قطع شدن منبع نور قطع می شود ولی در مواد دارای خاصیت **فسفرسانس**، تابش نور تا مدت کوتاهی پس از قطع شدن منبع نور ادامه می‌یابد.

⇦ از جمله مهم‌ترین مواد فلوئورسنت، روی سولفید (ZnS) است که در تولید لامپ تلویزیون کاربرد دارد.

⇦ از مواد دارای خاصیت فسفرسانس، در ساعت‌ها و برخی وسایل شب‌نما استفاده می‌شود.

- **شباهت فسفر سانس و فلوئور سانس**: هر دو نور را با یک طول موج معین جذب کرده و با طول موج **بلندتری** منتشر می‌کنند.

تست ۱:کدام گزینه در ارتباط با لوله پرتو کاتدی، عبارت درستی را بیان نمی‌کند؟

۱) لوله شیشه‌ای است که به کمک پمپ خلاء تمام هوای درون آن خارج شده است.

۲) در دو انتهای این لوله یک قطعه فلز نصب شده است که به آن الکترود می‌گویند.

۳) بین دو الکترود، ولتاژ بسیار قوی اعمال می‌شود.

۴) پرتوهای ایجاد شده از الکترود منفی به سمت الکترود مثبت جریان می‌یابند.

تست ۲: دستگاه اُسیلوسکوپ برای نمایش یک موج که حاصل از تابیدن تفنگ الکترونی بر روی صفحه‌ی تعبیه شده در دستگاه است، می‌باشد. برای این منظور صفحه باید به وسیله‌ی موادی با خاصیت . . . پوشیده شود و اگر از موادی با خاصیت . . . استفاده شود، تصویر حاصل . . .

۱) فلوئورسانس- فسفرسانس- از چند موج روی هم تشکیل خواهد شد.

۲) فسفرسانس- فلوئورسانس- یک نقطه‌ی روشن متحرک خواهد بود.

۳) فلوئورسانس- فسفرسانس- یک نقطه‌ی روشن متحرک خواهد بود.

۴) فسفرسانس- فلوئورسانس- از چند موج روی هم تشکیل خواهد شد.

تست ۳: کدام گزینه در ارتباط با پرتو کاتدی نادرست است؟

۱) در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت منحرف می‌شود. ۲)در میدان مغناطیسی عمود بر میدان منحرف می‌شود.

۳)جنس آن به جنس فلز کاتد بستگی دارد. ۴)بر اثر برخورد با ماده ZnS نور سبزرنگی ایجاد می‌کند.

تســت ۴: در یک لوله کاتدی جنس الکترودها از $^{56}_{26}Fe$ اســت. اگر الکترودها را از جنس $^{64}_{29}Cu$ انتخاب کنیم، مقدار انحراف پرتو نسبت به حالت اول کدام است؟

۱) به نسبت $\frac{64}{56}$ بیشتر می‌شود. ۲) به نسبت $\frac{64}{56}$ کمتر می‌شود.

۳) به نسبت $\frac{29}{26}$ بیشتر می‌شود. ۴) تغییر نمی‌کند.

تست ۵: با قرار دادن چرخ پره‌دار در مسیر پرتو کاتدی، چرخ به گردش درمی‌آید، این آزمایش بیانگر چیست؟

۱) خروج پرتو کاتدی از آند و داشتن خاصیت ذره‌ای الکترون

۲) خروج پرتو کاتدی از کاتد و داشتن خاصیت ذره‌ای الکترون

۳) خروج پرتو کاتدی از آند و داشتن خاصیت موجی الکترون

۴) خروج پرتو کاتدی از کاتد و داشتن خاصیت موجی الکترون

تست ۶: همواره مقدار بار الکتریکی ذره‌های سازنده اتم را نسبت به مقدار بار الکتریکی ..... می‌سنجند. در این مقیاس نسبی، بار الکترون ..... در نظر گرفته می‌شود.

۱) الکترون، $-1/6\times10^{+19}$ ۲) الکترون، ۱-

۳) پروتون، $1/6\times10^{19}$ ۴) پروتون، $-1/6\times10^{19}$

تست ۷: کدام گزینه عبارت درستی را بیان نمی‌کند؟

۱) فلوئورسنت به ماده‌ای با خاصیت فلوئورسانس گفته می‌شود.

۲) فلوئورسانس از جمله خواص فیزیکی برخی مواد شیمیایی است.

۳) مواد فلوئورسنت، نور با طول موج معینی را جذب می‌کنند و به جای آن نور با طول موج بلند تری را منتشر می‌سازند.

۴) تابش نور از فلوئورسنت تا مدت کوتاهی پس از قطعه شدن منبع نور ادامه می‌یابد.

تست ۸: کدام مطلب نادرست است؟ (سراسری تجربی ۹۱)

۱) از برخورد پرتوهای کاتدی به یک آند فلزی پرتوهای X به وجود می‌آید.

۲) مایکل فارادی برای توجیه عبور جریان برق از محلول ترکیب‌های فلزدار، ذره‌ی بنیادی به نام الکترون را پیشنهاد کرد.

۳) هنگام برقکافت محلول قلع (II) کلرید غلیظ در آب، پیرامون یکی از قطب‌ها گاز زرد رنگ جمع می‌شود.

۴) مواد فلورسنت و فسفرسان طول موج معینی از نور را جذب کرده و به جای آن تابشی با طول موج بالاتر را منتشر می‌کنند.

تست ۱۰:

مشاهده‌ی این واقعیت که خواص پرتوهای کاتدی به نوع ماده‌ی به‌کار رفته به عنوان کاتد بستگی ندارد، به چه نتیجه‌ای منجر می‌شود؟

آ) پرتوهای کاتدی به خط راست حرکت می‌کنند.

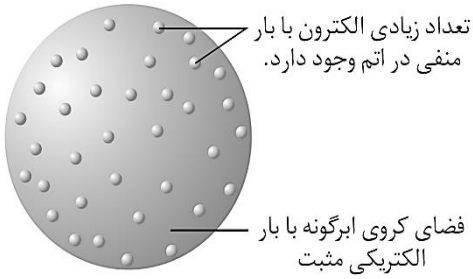
ب) پرتوهای کاتدی دارای بار الکتریکی منفی هستند.

پ) ماهیت الکترون در تمام مواد یکسان است.

ت) همه‌ی مواد دارای الکترون هستند.

۱) آ و ب ۲) پ و ت ۳) آ و پ ۴) ب و ت

مدل اتمی تامسون:جوزف تامسون به کمک آزمایش های خود ضمن اثبات وجود الکترون در اتم و معرفی اتم به عنوان یک ذره زیر اتمی ،موفق شد ساختاری برای اتم پیشنهاد کند.وی ویژگی های اتم خود را این چنین برشمرد.



- ۱- الکترون‌ها که ذره‌هایی با بار منفی هستند، درون فضای کروی ابرگونه‌ای با بار الکتریکی مثبت، پراکنده شده‌اند.
- ۲- اتم در مجموع خنثی ا ست، بنابراین مقدار بار مثبت فضای کروی ابرگونه با مجموع بار منفی الکترون‌ها برابر است.
- ۳- این
- ابر کروی مثبت، جرمی ندارد و **جرم اتم به تعداد الکترون های 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.

پرتوزایی:

پس از کشف پرتو X توسط رونتگن، بکرل به فکر فرو رفت که شاید مواد دارای خاصیت فلوئورسانس یا فسفرسانس نیز در هنگام نورافشانی چنین پرتو جالبی را تابش می‌کنند. بکرل، هنگام کار کردن روی خاصیت **فسفرسانس** مواد شیمیایی به طور **تصادفی** با پدیده پرتوزایی روبرو شد. آن چه که بکرل را به فکر برد، تابش نور بدون جذب انرژی بود.

- **هانری بکرل**، به طور تصادفی به وجود پدیده پرتوزایی پی برد.
- **ماری کوری**، این پدیده را پرتوزایی و مواد دارای این خاصیت را پرتوزا نامید.
- **رادرفورد**، با استفاده از آزمایش، به این نتیجه پی برد که تابش مواد پرتوزا، خود ترکیبی از سه نوع تابش مختلف است.

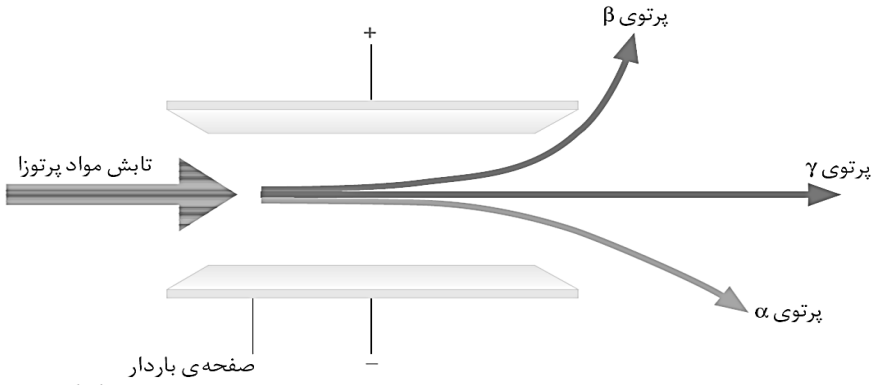
آزمایش اول رادرفورد:

رادرفورد، برای بررسی تابش‌های مواد پرتوزا، مقداری ماده رادیواکتیو (رادیم) را در یک محفظه **سربی** قرار داد، (محفظه سربی مانع عبور پرتوهای مواد پرتوزا می‌شود، بنابراین از رسیدن پرتوهای خطرناک و پر انرژی به بدن ما جلوگیری می‌کند) او سپس، روزنه کوچکی را در محفظه سربی تعبیه کرد تا از این طریق، این امکان فراهم شود که شعاع باریکی از پرتوهای رادیواکتیو فقط در یک **جهت معین** از جعبه سربی خارج شود. سپس برای برر سی تابش رادیواکتیو، یک میدان الکتریکی را در خارج از محفظه سربی برقرار کرد.

⇦ وی مشاهده نمود که پرتوهای رادیواکتیو از سه جزء تشکیل شده‌اند:

- ۱- **پرتو بتا** (β): این پرتو به سمت قطب **مثبت** میدان الکتریکی منحرف می‌شود، بنابراین دارای بار **منفی** است، پرتوی بتا جریانی از **الکترونها** می‌باشد که با سرعت زیاد از ماده رادیو اکتیو خارج می‌شود.
- ۲- **پرتو آلفا** (α): این پرتو به سمت قطب **منفی** میدان الکتریکی منحرف می‌شود، بنابراین دارای بار **مثبت** ا ست، پرتوی آلفا از جنس **هسته هلیم دوبار مثبت** $({}^{4}_{2}He^{2+})$ می‌با شد، بنابراین هر ذره آلفا از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است.

- ۳- **پرتو گاما** (γ): از جنس **امواج الکترومغناطیس** با طول موج بسیار کوتاه است. این پرتو فاقد بار الکتریکی بوده، بنابراین در حضور میدان الکتریکی یا مغناطیسی خارجی **منحرف نمی‌شود.**

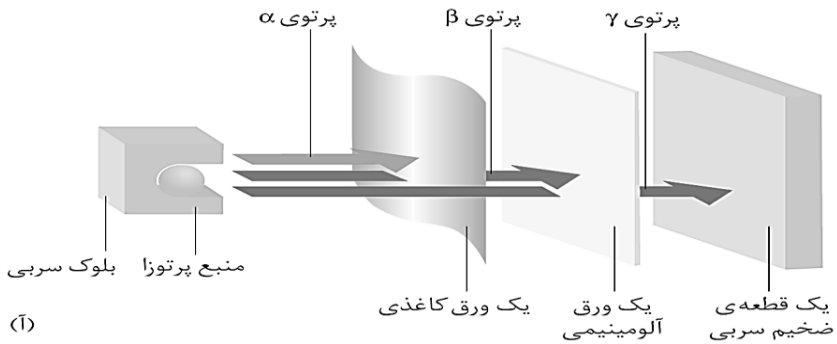


نکته: ترتیب قدرت نفوذ به صورت مقابل است: $\gamma > \beta > \alpha$

✓ ۱- پرتو آلفا (α): دارای قدرت **نفوذ کمی** است، این پرتو، نمی‌تواند از یک **ورق کاغذی** عبور کند.

✓ ۲- پرتو بتا (β): دارای قدرت **نفوذ متوسطی** است، این پرتو از ورق کاغذی عبور کرده ولی از **ورق آلومینیومی** عبور نمی‌کند.

✓ ۳ - پرتو گاما (γ): دارای قدرت **نفوذ بسیار بالایی** است، این پرتو از ورق کاغذی و ورق آلومینیومی عبور می‌کند ولی از یک **قطعه ضخیم سربی** نمی‌تواند عبور کند.



(آ)

⇦ پرتو β از تبدیل یک نوترون به یک پروتون در داخل هسته، تولید می‌شود، یعنی در داخل هسته پرتوزا، یک نوترون به پروتون تبدیل شده و در اثر انجام این کار، یک الکترون از هسته خارج می شود که دسته‌ای از این الکترونها، اشعه β را بوجود می‌آورند. $_{0}^{1}n \rightarrow {}_{1}^{1}P^{+1} + e^{-1}$ بنابراین در اثر واپاشی β، **عدد جرمی تغییری نمی‌کند** ولی **عدد اتمی یک واحد افزایش می‌یابد.**

نکته: پرتوهای کاتدی و پرتو بتا هر دو از جنس الکترون هستند، با این تفاوت که منشأ پرتو کاتدی، الکترون‌های اطراف هسته و منشأ پرتوی بتا، هسته ناپایدار عنصر پرتوزا است. در لوله پرتو کاتدی، در اثر اختلاف پتانسیل بسیار زیاد و فشار بسیار کم، الکترون‌های اطراف هسته اتم‌های کاتد فلزی کنده شده و به سمت آند حرکت می‌کنند که به جریان این الکترونها، پرتو کاتدی می‌گویند.

⇦ از آنجا که اشعه α، از هسته هلیم ۲ بار مثبت تشکیل شده است، بنابراین دارای ۲ پروتون و ۲ نوترون می‌باشد، پس جرم ذرات اشعه α، **چهار برابر جرم اتم هیدروژن** است، زیرا هیدروژن تنها دارای یک پروتون می‌باشد. (جرم پروتون و نوترون، تقریبا با یکدیگر برابر است.)

⇦ چون اشعه α از دو پروتون و دو نوترون ساخته شده است، در اثر تابش هر اشعه α، **عدد اتمی دو واحد و عدد جرمی، چهار واحد کاهش می‌یابند.**

$$^{۱۸۰}_{۸۴}A \rightarrow ^{۴}_{۲}\alpha + ^{۱۷۶}_{۸۲}B$$

⇦ به دلیل وجود پرتوهای آلفا در تابش‌های مواد رادیو اکتیو، که جرم نسبتاً قابل توجهی دارند، پدیده پرتوزایی با کاهش جرم ماده پرتوزا همراه است، این کاهش جرم و **تولید هسته‌های سبک‌ترو پایدارتر** از هسته‌های سنگین‌تر و پرتوزا،با مدل اتمی دالتون هم‌خوانی ندارد. زیرا دالتون بیان می‌کرد که در واکنش های شیمیایی، اتم ها تغییری نمی‌کنند و فقط در ترکیبات مختلف جابه‌جا می‌شوند.

$$^{۲۴۰}_{۹۰}X \rightarrow ۵^{۴}_{۲}\alpha + ^{۲۲۰}_{۸۰}Y$$

نکته: هر چه قدر نسبت **بار به جرم** $(\frac{q}{m})$ ذره‌ای بیشتر باشد، میزان انحراف آن در میدان الکتریکی، بیشتر خواهد بود. بین دو ذره α و β میزان انحراف ذره β بسیار بیشتر است، زیرا β از الکترون ساخته شده است و جرم الکترون بسیار کم می باشد، اما α از ۲ پروتون و ۲ نوترون ساخته شده است.

میزان انحراف در حضور میدان الکتریکی : $\beta > \alpha > \gamma \longrightarrow$ منحرف نمی‌شود

نکته: پایداری ایزوتوپ‌ها، به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته بستگی دارد:

- همه هسته‌هایی که **۸۴** یا بیش از این تعداد، پروتون دارند، ناپایدار هستند.
- اگر برای هسته‌ای، نسبت تعداد نوترون به پروتون، **۱/۵** یا بیش از این باشد، هسته یاد شده ناپایدار خواهد بود. این گونه هسته‌های ناپایدار، بر اثر واکنش‌های تلاشی هسته‌ای به هسته‌های پایدار تبدیل می‌شوند.

تست ۱: کدام یک از تابش‌های زیر قدرت کم‌تری برای نفوذ در اجسام دارد؟

۱) آلفا ۲) بتا ۳) گاما ۴) کاتدی

تست ۲: کدام یک از تابش‌های زیر، جریانی از ذره‌های بارداری است که جرم آن‌ها چهار برابر جرم اتم هیدروژن است؟ این مطلب توسط کدام دانشمند بیان شد؟

۱) آلفا، رادرفورد ۲) آلفا، تامسون ۳) بتا، رادرفورد ۴) بتا، تامسون

تست۳: کدام یک از تابش‌های زیر در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت منحرف می‌شوند؟

۱) آلفا ۲) بتا ۳) آلفا و بتا ۴) گاما

تست۴: کدام یک از تابش‌های زیر در میدان الکتریکی منحرف نمی‌شود؟

۱) گاما و کاتدی ۲) آلفا و گاما ۳) فقط گاما ۴) فقط آلفا

تست۵: کدام یک در میدان الکتریکی به میزان بیشتری منحرف می‌شود؟

۱) آلفا ۲) بتا

۳) گاما ۴) میزان انحراف آلفا و بتا یکسان و بیشتر از گاما است

تست۶: کدام یک از پرتوهای زیر از یک ورق آلومینیومی عبور می‌کند؟

۱) آلفا و بتا ۲) بتا و گاما ۳) فقط گاما ۴) فقط بتا

تست۷: کدام یک از پرتوهای زیر توسط یک قطعه ضخیم سربی جذب شده و از آن عبور نمی‌کند؟

۱) آلفا و بتا ۲) بتا و گاما ۳) فقط گاما ۴) آلفا و بتا و گاما

تست۸: در واکنش $A \rightarrow {}^{۲۲۳}_{۸۷}B + C$ ، ${}^{۲۲۷}_{۸۹}$C کدام پرتو زیر است؟

۱) گاما ۲) بتا ۳) آلفا ۴) ایکس

تست۹: تابش کدام پرتو، تغییری در عدد اتمی و عدد جرمی ایجاد نمی‌کند؟

۱) آلفا ۲) بتا ۳) بتا و گاما ۴) گاما

تست ۱۰ چنان‌چه یک اتم ${}^{۲۵۸}_{۱۰۱}Md$، دو ذره‌ی آلفا نشر کند، به کدام اتم زیر تبدیل می‌شود؟

۱) ${}^{۲۵۴}_{۹۹}Es$ ۲) ${}^{۲۵۰}_{۹۷}Bk$ ۳) ${}^{۲۵۰}_{۹۹}Es$ ۴) ${}^{۲۵۴}_{۹۷}Bk$

تست۱۱: کدام مطلب درست است؟ **(تجربی ۹۰)**

۱) تالس فیلسوف یونانی، چهار عنصر آب، هوا، خاک و آتش را سازنده‌ی کاینات می‌دانست.

۲) ابزارهای یونانیان برای مطالعه‌ی طبیعت شامل مشاهده کردن، اندیشیدن، پژوهش‌های علمی و نتیجه‌گیری از آن‌ها بود.

۳) اگر یک عنصر پرتوزا دو ذره‌ی α به همراه تابش‌های β و γ از دست بدهد، جرم اتمی میانگین آن تقریباً هشت واحد کاهش می‌یابد.

۴) روی سولفید (ZnS) از جمله مهم‌ترین مواد فسفرسان است که با قطع شدن منبع نور، تابش آن نیز قطع می‌شود.

تست۱۲:اگر جرم اتم هیدروژن را معادل یک واحد در نظر بگیریم، آن‌گاه جرم اتم اورانیم معادل ۲۳۸ خواهد بود، هرگاه اورانیم ۵ ذره‌ی آلفا، ۲ ذره‌ی بتا و ۵ ذره‌ی گاما منتشر کند، پس از انجام این فرایند، جرم اتم حاصل چند واحد خواهد بود؟

۱) ۲۱۸ ۲) ۲۱۶ ۳) ۲۲۲ ۴) ۲۲۰

آزمون با پاسخ

شماره ۱

۱- کدام گزینه در ارتباط با اتم و تاریخچه‌ی کشف آن درست است؟

۱) اتم واژه‌ای یونانی به معنی "بسیار کوچک" است.

۲) تالس برای اولین بار، اتم را به عنوان یک ذره‌ی کوچک و تجزیه‌ناپذیر مطرح کرد.

۳) دالتون نخستین دانشمندی است که عنصر را به عنوان ساده‌ترین ماده معرفی کرد.

۴) مطابق نظریه‌ی دالتون، اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.

۲- کدام دو پدیده‌ی زیر، بر اساس نظریه‌ی دالتون قابل توجیه هستند؟

آ) الکترولیز (برق کافت)

ب) پدیده‌ی پرتوزایی

پ) چگونگی برقراری پیوند میان اتم‌ها

ت) بخار شدن

ث) ظرفیت عنصرها

ج) وجود ایزوتوپ‌های یک عنصر

چ) ترکیب شدن عنصرها به نسبت وزنی معین

۱) ب، ت ۲) پ، ث ۳) آ، ج ۴) ت، چ

۳- کدام مطلب درست است؟

۱) قطر اتم طلا، حدود 10^{5} برابر قطر هسته‌ی آن است.

۲) پرتوهای گاما، جریانی از الکترون‌های پرانرژی با قدرت نفوذ بسیار زیادند.

۳) قدرت نفوذ سه جزء تشکیل‌دهنده‌ی تابش‌های پرتوزا، به ترتیب $\beta > \alpha > \gamma$ است.

۴) ذره‌های آلفا و بتا، در میدان الکتریکی در دو جهت اما با زوایای برابر، منحرف می‌شوند.

۴- کدام گزینه در مورد پرتو کاتدی درست نیست؟

۱) در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت منحرف می‌شود.

۲) با استفاده از کاتدهای فلزی مختلف می‌تواند در لوله‌ی پرتوی کاتدی تولید شود.

۳) در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شود.

۴) به خط راست حرکت می‌کند.

۵- ..... که روی خاصیت ..... مواد شیمیایی کار می‌کرد، به طور تصادفی به خاصیت مهمی پی برد که ماری کوری، آن را ..... نامید.

۱) تامسون - فسفرسانس - پرتوزایی ۲) بکرل - پرتوزایی - فسفرسانس

۳) تامسون - پرتوزایی - فسفرسانس ۴) بکرل - فسفرسانس - پرتوزایی

۶-در آزمایش نخست رادرفورد در مورد عبور تابش مواد پرتوزا از میان دو صفحه‌ی باردار غیرهم‌نام کدام مورد نادرست است؟

۱) پرتوی γ بدون هیچ‌گونه انحرافی در مسیر مستقیم عبور می‌کند.

۲) پرتوی β به سمت صفحه‌ی با بار مثبت منحرف می‌شود.

۳) پرتوی α از ذره‌های بارداری تشکیل شده است که جرم آن‌ها چهار برابر جرم اتم هیدروژن است.

۴) میزان انحراف پرتوهای α و β از مسیر مستقیم برابر است.

پاسخ تشریحی

۱- گزینه‌ی ‹۴›

مطابق نظریه‌ی دالتون، اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.

در مورد گزینه‌ی (۱): اتم واژه‌ای یونانی به معنی تجزیه‌ناپذیر است.

در مورد گزینه‌ی (۲): اولین دانشمندی که اتم را به عنوان یک ذره‌ی کوچک و تجزیه ناپذیر معرفی کرد، دموکریت بود.

در مورد گزینه‌ی (۳): نخستین دانشمندی که عنصر را به عنوان ساده‌ترین ماده معرفی کرد، بویل بود.

۲- گزینه‌ی ‹۴›

به طور کلی، هر پدیده‌ای که توضیح آن نیاز به توجه به ذرات کوچک‌تر از اتم دارد، با تکیه بر نظریه‌ی دالتون قابل توجیه نیست. از جمله‌ی این پدیده‌ها می‌توان به برق‌کافت، پرتوزایی، ظرفیت عنصرها، ایزوتوپ‌ها و چگونگی برقراری پیوند میان اتم‌ها اشاره کرد. اما پدیده‌هایی مانند بخار شدن، جوشیدن و ترکیب شدن عنصرها به نسبت وزنی معین، بدون توجه به ذرات زیر اتمی نیز قابل توجیه‌اند و بنابراین، در چارچوب نظریه‌ی دالتون، قابل توضیح و توجیه می‌باشند.

۳- گزینه‌ی ‹۱›

پرتوهای گاما دارای خاصیت موجی هستند که بسیار پر انرژی می‌باشند.(الکترون‌ها تشکیل‌دهنده‌ی پرتوهای بتا هستند). قدرت نفوذ سه جزء تشکیل‌دهنده‌ی تابش‌های پرتوزا به ترتیب $\gamma > \beta > \alpha$ می‌باشد. میزان انحراف پرتو بتا (به سمت صفحه‌ی مثبت) بیش از میزان انحراف پرتو آلفا (به سمت صفحه‌ی منفی) است.

۴- گزینه‌ی ‹۳›

پرتوی کاتدی از ذره‌های باردار (الکترون) تشکیل می‌شود. بنابراین ضمن عبور از میدان مغناطیسی، منحرف می‌شود.

۵- گزینه‌ی ‹۴›

بکرل که روی خاصیت فسفرسانس مواد شیمیایی کار می‌کرد، به طور تصادفی به خاصیت مهمی پی برد که ماری کوری، آن را پرتوزایی نامید.

۶- گزینه‌ی ‹۴›

هر چه نسبت بار به جرم ($\frac{e}{m}$) ذره‌ی باردار بیش‌تر باشد، ضمن عبور از میدان مغناطیسی انحراف بیش‌تری پیدا می‌کند.

$\frac{e}{m}$ برای ذره‌ی پرتوی β خیلی بیش‌تر از ذره‌ی پرتوی آلفاست. زیرا جرم هر ذره‌ی β (یعنی الکترون) خیلی کم‌تر از جرم هر ذره‌ی α (یعنی He^{2+}) است. بنابراین، میزان انحراف ذره‌های β در میدان الکتریکی، به مراتب بیش‌تر از انحراف ذره‌های α است.

داستان کوتاه

عتیقه‌فروشی، در روستایی به منزل رعیتی ساده وارد شد. دید کاسه‌ای نفیس و قدیمی دارد که در گوشه‌ای افتاده و گربه در آن آب می‌خورد. دید اگر قیمت کاسه را بپرسد رعیت ملتفت مطلب می‌شود و قیمت گرانی بر آن می‌نهد.

لذا گفت: عموجان چه گربه قشنگی داری! آیا حاضری آن را به من بفروشی؟ رعیت گفت: چند می‌خری؟ گفت: یک درهم.

رعیت گربه را گرفت و به دست عتیقه‌فروش داد و گفت: خیرش را ببینی.

عتیقه‌فروش پیش از خروج از خانه با خونسردی گفت: عموجان این گربه ممکن است در راه تشنه‌اش شود بهتر است کاسه آب را هم به من بفروشی.

رعیت گفت: امکان ندارد! من با این کاسه تا به حال پنج گربه فروخته‌ام. کاسه ام فروشی نیست!

"همیشه نباید راه حل خود را بهترین راه حل دانست."

آزمایش دوم رادرفورد:

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 برای **شناسایی دقیق‌تر ساختار اتم** آزمایش جالبی را طراحی و اجرا کرد. او در این آزمایش ورقه نازکی از طلا (با ضخامت حدود **۲۰۰۰ اتم**) را با ذره‌های **آلفا** بمباران کرد.

- **اگر مدل اتمی تامسون درست بود، باید همه ی اشعه‌های α با کمترین میزان انحراف ، عبور می‌کردند.**

ولی رادرفورد مشاهده کرد که:

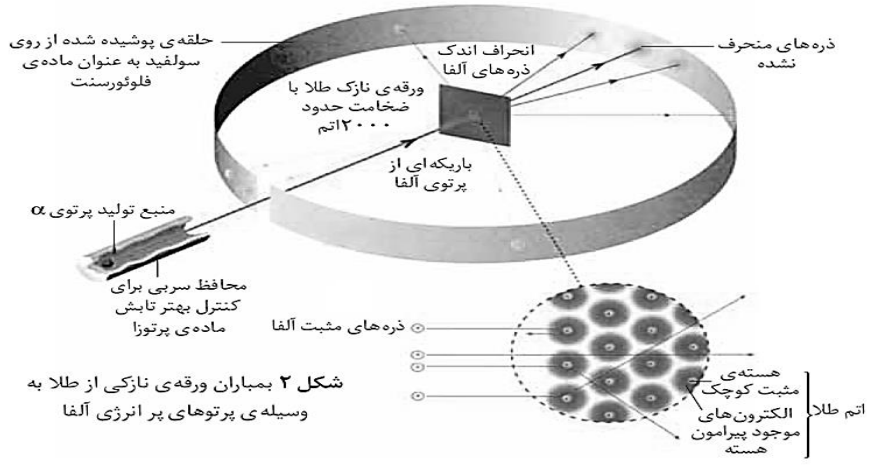
- **بیشتر** ذره‌های آلفا **بدون انحراف** و در مسیری مستقیم از ورقه نازک طلا عبور کردند.
- **تعداد زیادی** از ذره‌های آلفا با **زاویه اندکی** از مسیر اولیه منحرف شدند.
- **تعداد بسیار اندکی** از ذره‌های آلفا با زاویه‌ای **بیش از** 90° از مسیر اولیه منحرف شدند.

⇦ رادرفورد می‌دانست که انرژی جنبشی ذرات α بسیار زیاد است و بنابراین متوجه شد که برای اینکه انحرافی به این اندازه در یک ذره پرانرژی ایجاد شود (تعدادی از ذرات α کمی منحرف می‌شدند و تعداد بسیار اندکی نیز با انحراف ۱۸۰ درجه برمی‌گشتند)، باید یک **نیروی الکتریکی فوق‌العاده قوی** در اتم وجود داشته باشد. همچنین واضح بود که این نیرو باید بوسیله جسمی با جرم زیاد اعمال شود، زیرا جسم سبکی مانند الکترون اثری بر ذره α که از آن سنگین‌تر است، ندارد.

⇦ رادرفورد پیشنهاد کرد که نیروی الکتریکی به ناحیه بسیار کوچکی به نام **هسته** محدود می‌شود که به همین دلیل اکثر ذرات α بدون انحراف عبور می‌کنند.

مشاهده‌ها و نتیجه‌گیری های رادرفورد، بعد از انجام آزمایش تاباندن اشعه α روی ورق نازک طلا به صورت زیر است:

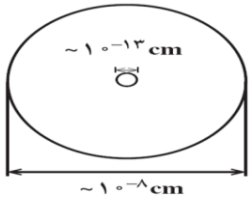
مشاهده	نتیجه‌گیری
بیشتر ذره‌های آلفا **بدون انحراف** و در مسیری مستقیم از ورقه نازک طلا عبور کردند.	بیشتر حجم اتم را **فضای خالی** تشکیل می‌دهد.
تعداد زیادی از ذره‌های آلفا با زاویه اندکی از مسیر اولیه منحرف شدند.	یک **میدان الکتریکی قوی** در اتم وجود دارد.
تعداد بسیار اندکی از ذره های الفا (حدود یک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



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

نکته: به مدل اتمی رادرفورد، مدل **اتم هســـته‌دار** هم می‌گویند. طبق این مدل اتمی همه بار مثبت اتم در یک ناحیه مرکزی با حجم بسیار کوچک به نام هسته متمرکز شده است و الکترون‌ها به سرعت در اطراف هسته در حال گردش هستند.

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



ابعاد تقریبی یک اتم طلا و هسته‌ی آن

$$\left.\begin{array}{l} r_{\text{هسته}} = ۱۰^{-۱۳}\ cm \\ r_{\text{اتم}} = ۱۰^{-۸}\ cm \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{r_{\text{اتم}}}{r_{\text{هسته}}} = ۱۰^{۵}$$

❖ نکته اضافی:

اشکالات نظریه اتمی رادرفورد:

✓ ۱- رادرفورد اشاره‌ای به اینکه الکترون‌ها در اتم چگونه حرکت می‌کنند، نکرده بود. اگر فرض کنیم که الکترون‌ها مانند سیارات منظومه شمسی که به دور خورشید در حرکت‌اند، به دور هسته گردش می‌کنند و نیروی ربایش الکتریکی برای آن‌ها در حکم یک نیروی مرکزگرا می‌باشد، باید الکترون‌ها روی هسته سقوط نکنند و پایدار باشند ،ولی بدلیل آنکه حرکت الکترون‌ها به دور هســـته یک **حرکت شـــتابدار** بوده و بنابر نظریه‌های الکترومغناطیســـی **ماکســـول** در **فیزیک کلاســـیک**، ذره بارداری که حرکت شـــتابدار دارد، باید انرژی خود را به صـــورت موج الکترومغناطیس تابش نماید. در نتیجه الکترون‌ها از خود موج الکترومغناطیس تابش می‌کنند و از این رو انرژی آنها کاهش یافته و به علت نیروی ربایش الکتریکی هســـته، شـــعاع مدار آن به تدریج کاهش یافته و در نهایت ، با یک حرکت مارپیچی، الکترون باید روی هســـته ســـقوط کند، یعنی اتم باید ناپایدار باشـــد، در حالی که این موضـــوع خلاف چیزی اســـت که در عمل هست و اتم‌ها پایدار می‌باشند.

✓ ۲- مدل اتمی رادرفورد، **قادر به توجیه طیف نشری خطی اتم هیدروژن نیست**. چون الکترون‌ها به تدریج انرژی خود را از دست می‌دهند و بسامد حرکت آن‌ها به تدریج کاهش می‌یابد، بسامد موج الکترومغناطیس گسیل شده نیز به تدریج زیاد می شود. به این ترتیب باید طیف موج الکترومغناطیس گسیل شده از اتم، **پیوسته** باشد، در صورتیکه می‌دانیم، طیف اتمی عناصر، یک طیف گسسته و خطی است.

❖

تست۱: کدام مطلب درست است؟

۱) قطر اتم طلا، حدود 10^{5} برابر قطر هسته آن است.

۲) پرتوهای گاما، جریانی از الکترون‌های پرانرژی با قدرت نفوذ بسیار زیادند.

۳) قدرت نفوذ سه جزء تشکیل دهنده تابش‌های پرتوزا، به ترتیب $\beta > \alpha > \gamma$ است.

۴) ذره‌های آلفا و بتا، در میدان الکتریکی، در دو جهت، اما با زوایای برابر، منحرف می‌شوند.

تست۲: چرا رادرفورد ،در آزمایش دوم خود از پرتو آلفا استفاده کرد؟

۱) طول موج زیاد این پرتو ۲)انرژی زیاد این پرتو

۳)تصور تامسون از خنثی بودن اتم ۴)اثبات تصور نادرست تامسون از فضای کروی ابرگونه با بار مثبت.

تست۳: بمباران ورقه نازکی از طلا، با تابش آلفا مطابق مدل تامسون، کدام نتیجه را باید به همراه داشته باشد؟

۱) عبور پرتوها با کمترین میزان انحراف ۲)عبور پرتوها با بیشترین میزان انحراف

۲) عبور پرتوها بدون انحراف ۳)عدم عبور پرتوها

تست۴: کدام مورد وجه تشابه مدل اتمی تامسون و رادرفورد نمی‌باشد؟

۱) کروی بودن اتم ۲) خنثی بودن اتم ۳) نداشتن ذره خنثی ۴) هسته‌دار بودن

تست۵: کدام یک، جزو مشاهده‌های رادرفورد در آزمایش خود نیست؟

۱) بیشتر ذره‌ها بدون انحراف و در مسیری مستقیم از ورقه عبور کردند.

۲) تعداد زیادی از ذره‌ها با زاویه اندکی از مسیر اولیه منحرف شدند.

۳) تعداد بسیار اندکی از ذره‌ها با زاویه بیش از 90° از مسیر اولیه منحرف شدند.

۴) تعداد بسیار اندکی از ذره‌ها، بدون انحراف از ورقه عبور کردند.

تست۶: مشاهده کدام یک، بیشتر رادرفورد را شگفت‌زده کرد و موجب رد مدل تامسون گردید؟

۱) ذره‌های بدون انحراف ۲) ذره‌هایی با انحراف اندک

۳) ذره‌هایی با انحراف بیش از 90° ۴) هر سه مورد

تست۷: با محاسبه نسبت تعداد کدام ذره‌های آلفا، رادرفورد به این نتیجه رسید که قطر اتم تقریباً 10^{5} مرتبه بزرگتر از قطر هسته آن است)

۱) عقب رانده شده به تابیده شده ۲) عقب رانده شده به منحرف شده

۳) منحرف شده به تابیده شده ۴) منحرف شده به منحرف نشده

تست۸: با توجه به پیشنهاد رادرفورد، نسبت حجم اتم به حجم هسته چقدر است؟

۱) 10^{15} ۲) 10^{8} ۳) 10^{5} ۴) 10^{10}

تست۹: کدام یک از مشاهده‌های زیر باعث شد، رادرفورد، بیشتر حجم اتم را فضای خالی در نظر بگیرد؟

۱) ذره‌های بدون انحراف ۲) ذره‌هایی با انحراف اندک

۳) ذره‌هایی با انحراف زیاد ۴) مورد ۱ و ۲

دیگر ذره‌های سازنده اتم:

آزمایش بعدی رادرفورد و همکارانش از دیگر اسرار اتم پرده برداشت و در سال ۱۹۱۹دومین ذره سازنده اتم نیز شناسایی شد. این ذره **پروتون** نام گرفت.

پروتون ذره‌ای است با بار نسبی ۱+ (بزرگی بار الکتریکی آن با بار الکتریکی الکترون برابر است) و جرم آن **۱۸۳۷ برابر** الکترون است.

⇦ یک سال بعد، **رادرفورد** از وجود ذره دیگری در اتم سخن به میان آورد. رادرفورد 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 ولی جرم آن با جرم پروتون برابر است.

⇦ **پیشنهاد** وجود نوترون توسط **رادرفورد** و کشف آن توسط **چادویک** (یکی از دانشجویان رادرفورد) صورت گرفت.

نحوه کشف عدد اتمی:

پنج سال، پیش از آنکه 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 اتم ها را تعیین کند.وی مقادیر بار اندازه‌گیری شده را بر مقدار بار الکتریکی پروتون $(+۱/۶۰۲\times۱۰^{-۱۹})$ تقسیم کرد. در نتیجه عددهای صحیحی بدست آمد که وی آن را **عدد اتمی** نامید.

⇦ **عدد اتمی (Z)**: تعداد پروتون‌ها را در اتم مشخص می‌کند.

⇦ رادرفورد بر این باور بود که **عدد اتمی همه اتم‌های یک عنصر، یکسان است**. بنابراین به کمک عدد اتمی، می‌توان نوع عنصر را معین کرد. به عبارت دیگر، عدد اتمی، هویت یک اتم را مشخص می‌کند. با تغییر عدد اتمی، نوع اتم تغییر می‌کند. در واقع، خواص شیمیایی یک اتم را عدد اتمی تعیین می‌کند.

نکته: از آن جا که اتم ذره‌ای خنثی است، بنابراین تعداد پروتون‌ها باید با تعداد الکترون‌ها برابر باشد. پس در یک اتم خنثی، عدد اتمی، تعداد الکترون‌ها را نیز مشخص می‌کند.

⇦ مطالعه گسترده موزلی روی پرتوهای X تولید شده از عنصرهای مختلف زمینه ساز کشف پروتون به عنوان دومین ذره زیر اتمی شد. **امروزه از او به عنوان کشف کننده پروتون یاد می شود**.اگر چه استاد او (رادرفورد) با تجزیه و تحلیل داده های تجربی موزلی به وجود پروتون پی برد.

نکته: هر اتم با گرفتن و یا از دست دادن الکترون می‌تواند به **یون** تبدیل شود. اتم با گرفتن الکترون، تبدیل به **آنیون** و با از دست دادن الکترون، تبدیل به **کاتیون** می‌شود.

⇦ هر وقت یک اتم به یون تبدیل می‌شود، فقط الکترون‌های آن کم یا زیاد می‌شود و تعداد پروتون‌ها و نیز تعداد نوترون‌ها در هسته، بدون تغییر باقی می‌مانند. اگر یک یون بار مثبت داشته باشد، نشان دهنده آن است که یون مورد

نظر نسبت به اتم خنثی خود، به تعداد بار مثبت، الکترون کمتری دارد. به عنوان مثال، یون Al^{3+} نسبت به اتم Al، سه الکترون کمتر دارد، اما تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در Al و Al^{3+} با یکدیگر برابر ا ست. همچنین اگر یک یون، بار منفی داشته باشد، نشانه آن است که یون مورد نظر نسبت به اتم خود به تعداد بار منفی، الکترون بیشتری دارد. به عنوان مثال S^{2-}، نسبت به S، دو الکترون بیشتر دارد، اما تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در S^{2-} و S با یکدیگر برابر است.

عدد جرمی (A):

به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم، عدد جرمی می‌گویند.

تعداد نوترون‌ها +تعداد پروتون ها (عدد اتمی) = عدد جرمی

$$A = Z + N$$

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

نماد شیمیایی عنصر $\rightarrow {}^{A}_{Z}X$ A= عدد جرمی Z= عدد اتمی

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

نکته: جرم اتم به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته آن بستگی دارد و جرم الکترون‌ها حتی اگر بیش از ۱۰۰ الکترون هم داشته باشد، بر جرم اتم تأثیر چشم‌گیری نخواهد داشت.

- دانشمندان با کمک دستگاهی به نام **طیف سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری نشان می‌دهد که همه اتم‌های یک عنصر جرم یکسانی ندارند. از آن جا که عدد اتمی و در واقع تعداد پروتون‌ها در همه اتم‌های یک عنصر یکسان ا ست، پس تفاوت جرم باید به تعداد نوترون‌های موجود در هسته اتم مربوط باشد. این مطالعات به معرفی مفهوم **ایزوتوپ** انجامید.

ایزوتوپ‌ها:

- اتم‌های یک عنصر که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند را **ایزوتوپ** می‌گویند.
- تفاوت جرم ایزوتوپ‌های یک عنصر به تفاوت تعداد **نوترون‌های** آن مربوط است.

آزمایش روی نمونه های طبیعی از گاز کلر وجود دو ایزوتوپ کلر $({}^{35}_{17}Cl)35-$ و کلر $({}^{37}_{17}Cl)37-$ را به اثبات رسانده است.

$${}^{35}_{17}Cl \rightarrow \begin{cases} Z = 17 \\ A = 35 = Z + N \Rightarrow N = 18 \end{cases} \qquad {}^{37}_{17}Cl \rightarrow \begin{cases} Z = 17 \\ A = 37 = Z + N \Rightarrow N = 20 \end{cases}$$

نکته: از آن جا که عدد اتمی، **خواص شیمیایی** یک عنصر را معین می‌کند، بنابراین، ایزوتوپ‌ها، خواص شیمیایی **یکسانی** دارند ولی چون جرم ایزوتوپ‌ها با یکدیگر متفاوت است، بنابراین برخی **خواص فیزیکی** وابسته به جرم آن‌ها با هم تفاوت دارد. این تفاوت در ترکیب‌های شیمیایی دارای ایزوتوپ‌ها نیز مشاهده می‌شود.

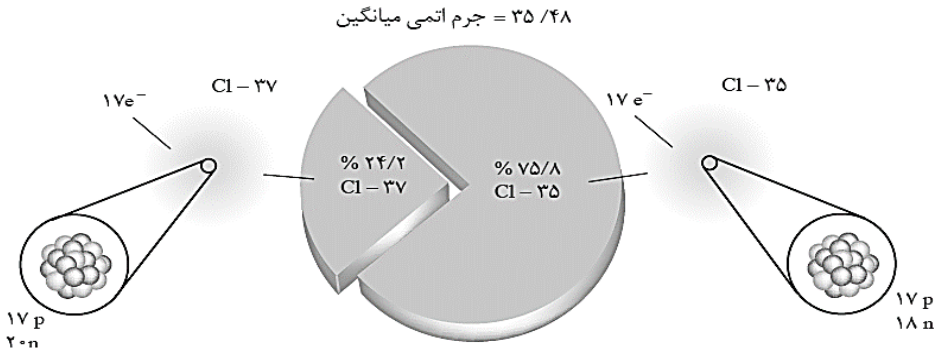
وجه تشابه ایزوتوپ‌های یک اتم:

۱- عدد اتمی
۲- تعداد پروتون‌ها و تعداد الکترون‌ها
۳- خواص شیمیایی
۴- آرایش الکترونی
۵- بار الکتریکی
۶- موقعیت در جدول تناوبی مندلیف

وجه تفاوت ایزوتوپ‌های یک اتم:

۱- عدد جرمی
۲- جرم اتمی
۳- تعداد نوترون‌ها
۴- خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند دمای ذوب و جوش، چگالی و ...

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



- غده تیروییید در جلوی گردن قرار دارد و هورمون های تیروییدی(T_3, T_4) را ترشح میکند.این غده برای ساختن این هورمون ها مقدار زیادی از ید موجود در مواد غذایی را در خود جمع می کند.از این رو رادیو ایزوتوپ ید-۱۳۱ برای تشخیص بیماری های غده تیروییید به کار می رود.استفاده از نمک ید دار در رژیم غذایی برای سالم ماندن غده تیروییید ضروری است.
- تاکنون، بیش از ۲۳۰۰ ایزوتوپ مختلف (طبیعی و ساختگی) شناخته شده است. در این میان، فقط ۲۷۹ ایزوتوپ پایدار وجود دارد. برخی عنصرها مانند فلوئور، فسفر و آلومینیوم، تنها یک ایزوتوپ پایدار دارند. در حالی که برخی از دو یا تعداد بیشتری ایزوتوپ پایدار برخوردارند. برای نمونه، **قلع، ده ایزوتوپ پایدار دارد.**

نکته: هیدروژن دارای ۳ ایزوتوپ پایدار است:

✓ ۱- هیدروژن **معمولی** یا پروتیم (^1_1H) : یک پروتون و یک الکترون دارد.
✓ ۲- هیدروژن **سنگین** یا دوتریم $(^2_1H : ^2_1D)$: یک پروتون، یک الکترون و یک نوترون دارد.
✓ ۳- هیدروژن **پرتوزا** یا تریتیم $(^3_1H : ^3_1T)$ یک پروتون، یک الکترون و دو نوترون دارد.

- پروتیم (^1_1H)، تنها اتمی است که **نوترون ندارد** و هسته آن فقط از یک پروتون ساخته شده است.
- اکسیژن دارای سه ایزوتوپ است: $^{16}_8O, ^{17}_8O, ^{18}_8O$
- در تمام عناصر جدول تناوبی، همواره تعداد نوترون‌ها، بزرگتر یا مساوی تعداد پروتون‌هاست $(N \geq Z)$، به جز اتم هیدروژن معمولی (پروتیم) که نوترون ندارد.

تست ۱: کدام‌یک از آنیون‌های زیر در مجموع دارای ۱۷۵ ذره‌ی نوکلئونی است؟ $(^{127}_{53}I, ^{16}_{8}O)$

۱) IO^- ۲) IO_2^- ۳) IO_3^- ۴) IO_4^-

تست ۲: پنج سال پیش از آن‌که رادرفورد از ..... سخنی به میان آورد، ..... یکی از دانشجویان وی که روی تولید پرتوهای X مطالعه می‌کرد، به نتایج جالبی دست یافته بود که تفسیر آن‌ها به کشف این ذره انجامید.

۱) پروتون– چادویک ۲) پروتون– موزلی

۳) نوترون– چادویک ۴) نوترون– موزلی

تست ۳: نخستین بار، ..... عدد اتمی، چادویک وجود ..... را در هسته اتم و ..... ساختار الکترونی اتم را کشف کردند.

۱) موزلی – پروتون – رادرفورد ۲) رادرفورد – نوترون – بور

۳) موزلی – نوترون – رادرفورد ۴) رادرفورد – پروتون – بور

تست ۴: عدد اتمی و عدد جرمی یون $^{27}_{13}Al^{3+}$ به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) ۲۷، ۱۳ ۲) ۱۳، ۲۷ ۳) ۲۷، ۱۰ ۴) ۲۴، ۱۰

تست ۵: تعداد نوترون‌ها در کدام گونه زیر بیشتر است؟

۱) $^{31}_{15}P^{3-}$ ۲) $^{39}_{19}K^+$ ۳) $^{64}_{29}Cu^+$ ۴) $^{64}_{30}Zn^{2+}$

تست ۶ : تفاوت تعداد نوترون و الکترون در کدام گونه زیر بیشتر است؟

۱) $^{231}_{91}Pa$ ۲) $^{108}_{47}Ag^+$ ۳) $^{126}_{53}I^-$ ۴) $^{228}_{89}Ac$

تست ۷: یون Cd^{2+} دارای ۴۶ الکترون است و عدد جرمی آن ۱۱۲ است. عدد اتمی و تعداد نوترون اتم کادمیم کدام است؟

۱) ۴۸، ۶۴ ۲) ۴۶، ۶۶ ۳) ۴۴، ۶۸ ۴) ۴۴، ۶۶

تست ۸: اگر عدد جرمی اتم **X** برابر ۵۵ باشد و تعداد نوترون‌های این اتم ۱/۲ برابر تعداد پروتون‌های آن باشد، اتم **X** دارای . . . نوترون در هسته‌ی خود است و این اتم پرتوزا . . . .

۱) ۳۰ – نیست ۲) ۲۵ – هست ۳) ۳۰ – هست ۴) ۲۵ – نیست

تست ۹: عدد جرمی M^{2+} برابر ۱۶۰ و تعداد نوترون‌های آن ۱/۵ برابر تعداد پروتون‌هاست. تعداد الکترون‌های M^{2+} کدام است؟

۱) ۴۶ ۲) ۴۸ ۳) ۸۴ ۴) ۶۲

تست ۱۰: عدد جرمی عنصری ۴۰ و تفاوت تعداد نوترون و پروتون‌های آن برابر ۲ است. عدد اتمی این عنصر کدام است؟

۱) ۲۱ ۲) ۱۹ ۳) ۲۳ ۴) ۱۷

تست ۱۱: دانشمندان با کمک کدام یک جرم اتم‌ها را با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند؟

۱) عدد اتمی ۲) دستگاه تولید کننده پرتو X

۳) طیف سنج جرمی ۴) لوله پرتو کاتدی

تست۱۲: تعداد پروتون و الکترون در یون NH_4^+ کدام است؟

۱) ۱۸، ۱۷ ۲) ۱۱، ۱۲ ۳) ۱۱، ۱۰ ۴) ۱۸، ۱۹

تست ۱۳:اگر تفاوت شمار الکترون ها و شمار نوترون ها در یون تک اتمی $^{101}X^{4+}$ برابر ۱۷ باشد،عدد اتمی این عنصر و تعداد نوترون آن کدام است؟

۱) ۴۷، ۵۴ ۲) ۴۴، ۵۷ ۳) ۸۸، ۷۵ ۴) ۷۶، ۲۵

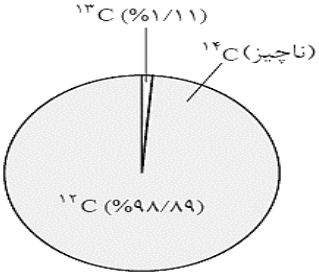
تست۱۴: دانشمندی به نام ... با محاسبه بار مثبت هسته اتم عنصرها وتقسیم آن‌ها بر بار الکتریکی ... ، عددهای درستی به دست آورد و آن‌ها را ... آن عنصرها نامید. **(ریاضی ۹۲)**

۱) موزلی- الکترون- عدداتمی
۲) رادرفورد- پروتون- عدد اتمی
۳) رادرفورد- پروتون- بارنسبت هسته
۴) موزلی- الکترون- بار نسبی هسته

جرم یک اتم :

شیمی‌دان‌ها در قرن ۱۸ و ۱۹ موفق شدند که به طور تجربی، جرم اتم های بسیاری از عنصرهای شناخته شده تا آن زمان را **به طور نسبی** اندازه‌گیری کنند. مثلاً جرم یک اتم اکسیژن را ۱/۳۳ برابر جرم یک اتم کربن و جرم یک اتم کلسیم را ۲/۵ برابر جرم یک اتم اکسیژن می‌دانستند.

استفاده از این نسبت‌ها در محاسبه‌های آزمایشگاهی بسیار دشوار بود. به همین دلیل 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.



⇦ **ابتدا اتم H و سپس اتم O** و پس از دوبار تغییر در انتخاب عنصر استاندارد، سرانجام **فراوان‌ترین ایزوتوپ کربن** یعنی کربن $^{12}_{6}C$ (۱۲-) را انتخاب کردند. (از هر هزار اتم کربن موجود در نمونه‌های طبیعی، ۹۸۹ اتم آن ^{12}C و ۱۱ اتم آن ^{13}C است).

⇦ ^{12}C در هسته خود، ۶ پروتون و ۶ نوترون دارد. دانشمندان جرم این اتم را دقیقاً برابر ۱۲/۰۰۰۰ در نظر گرفتند. با این حساب، اتم اکسیژنی که جرمی معادل ۱/۳۳ برابر جرم اتم کربن دارد، در این مقیاس، جرمی برابر ۱۶/۰۰۰ خواهد داشت.

⇦ از آن جا که جرم اتم‌ها به صورت نسبی اندازه‌گیری می‌شوند، **یکایی ندارند**. اما به تجربه ثابت شده است که استفاده از یکایی مناسب برای جرم اتم‌ها سودمند است. از این رو، 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 $\left(\frac{1}{12}\right)$ جرم اتم کربن -۱۲ است، بنابراین در این مقیاس جرم اتم کربن -۱۲ برابر ۱۲/۰۰۰amu و جرم اتم اکسیژن ۱۶/۰۰۰ amu خواهد بود.

$$1amu = \frac{1}{12}\ {}^{12}_{6}C$$

مثال: جرم واحد کربنی (۱amu) را برحسب گرم حساب کنید.

پاسخ: طبق تعریف، جرم هر اتم ^{12}C برابر با ۱۲ واحد کربنی است. ($1amu = \frac{1}{12}\ {}^{12}C$). در واحد کربنی، جرم یک مول ^{12}C، دقیقاً ۱۲ گرم فرض شده است. یعنی اگر به تعداد عدد آووگادرو اتم ^{12}C داشته باشیم، جرم آن دقیقاً برابر ۱۲/۰۰۰۰ گرم خواهد شد. حال، جرم هر اتم ^{12}C را محاسبه می کنیم:

(N_A : عدد آووگادرو)

$^{12}_{6}C$ اتم N_A | 12g
$^{12}_{6}C$ اتم ۱ | xg

$\Rightarrow x = \frac{12}{N_A} \Rightarrow 1amu = \frac{1}{12}\ {}^{12}_{6}C = \frac{1}{12} \times \frac{12}{N_A} = \frac{1}{N_A} = \frac{1}{6.022 \times 10^{23}}$

$\Rightarrow 1amu = 1.66 \times 10^{-24}\ g$

$$\rightarrow 1amu = \frac{1}{N_A} g = \frac{1}{6/022\times10^{23}} g = 1/66\times10^{-24} g$$

$$\rightarrow 1amu = 1/6601\times10^{-24} g = 1Dalton$$

نکته : جرم هر پروتون و نوترون، تقریباً ۱amu است، جرم الکترون تقریباًamu $\frac{1}{2000} amu = 0/0005$ است.

جرم پروتون = ۱/۰۰۷۳u و جرم نوترون = ۱/۰۰۸۷u ⟸ **جرم نوترون اندکی از جرم پروتون بیشتر است.**

- جرم هر اتم $^{A}_{Z}X$ معادل A amu است.
- **دلیل** : جرم اتم، برابر مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های آن است و چون A (عدد جرمی) برابر مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌هاست و از طرفی جرم هر پروتون و نوترون، معادل ۱amu است، بنابراین جرم هر اتم برابر عدد جرمی (A) آن برحسب amu است. برای مثال جرم یکی از ایزوتوپ‌های لیتیم که ۳ پروتون و ۴ نوترون دارد، برابر ۷/۰۰۰amu است.

جرم اتمی میانگین: 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.

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{(\text{جرم اتمی ایزوتوپ اول}) \times (\text{فراوانی ایزوتوپ اول}) + (\text{جرم اتمی ایزوتوپ دوم}) \times (\text{فراوانی ایزوتوپ دوم}) + \dots}{\text{(مجموع فراوانی ایزوتوپ‌ها)}}$$

$$= \frac{M_1a_1 + M_2a_2 + \dots}{a_1 + a_2 + \dots}$$

مثال: عنصر آنتیموان دارای دو ایزوتوپ به جرم‌های ۱۲۱amu و ۱۲۳amu است. در صورتی که ۵۷ در صد آن را ایزوتوپ سبک‌تر تشکیل داده باشد، جرم اتمی میانگین این عنصر کدام است؟

پاسخ: $\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1a_1 + M_2a_2}{100} = \frac{(121\times57)+(123\times43)}{100} = 121/86amu$

⇦ اگر فراوانی ایزوتوپ‌ها را برحسب درصد گزارش کنیم، مجموع فراوانی ایزوتوپ‌ها برابر ۱۰۰ خواهد بود.

⇦ جرم اتمی باید از جرم سبک‌ترین ایزوتوپ، بزرگتر و از جرم سنگین‌ترین ایزوتوپ، کوچکتر باشد.

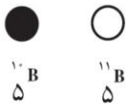
⇦ جرم اتمی میانگین به جرم اتمی ایزوتوپی نزدیکتر است که درصد فراوانی آن بیشتر باشد.

⇦ در بین ایزوتوپ های یک عنصر، ایزوتوپی که پایدارتر است ، درصد فراوانی بیشتری هم دارد.

⇦ جرم مولی یک عنصر از نظر عددی با جرم اتمی آن برابر است ، با این تفاوت که یکای جرم مولی گرم بر مول و یکای جرم اتمی amu است.برای مثال جرم اتمی آهن ۵۶ amu و جرم مولی آن $56g.mol^{-1}$ است.

➢ **فکر کنیدصفحه ۱۴ کتاب درسی :**

۱- با توجه به شکل زیر راهی برای محاسبه‌ی جرم اتمی میانگین بور پیشنهاد کنید.



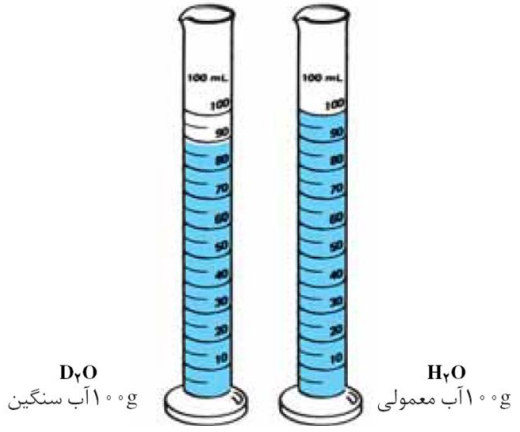
۲- اکسیژن سه ایزوتوپ $(^{18}_{8}O, ^{17}_{8}O, ^{16}_{8}O)$ و هیدروژن نیز سه ایزوتوپ $(^{3}_{1}T, ^{2}_{1}D, ^{1}_{1}H)$ دارد. با توجه به تعداد ایزوتوپ‌های این دو عنصر، در یک نمونه‌ی طبیعی آب چند نوع مولکول آب می‌توان یافت؟ جرم هر یک از این مولکول‌ها را حساب کنید.

مولکول	جرم	مولکول	جرم	مولکول	جرم
$^{1}H-^{16}O-^{1}H$	18	$^{1}H-^{17}O-^{1}H$	19	$^{1}H-^{18}O-^{1}H$	20
$^{1}H-^{16}O-^{2}H$	19	$^{1}H-^{17}O-^{2}H$	20	$^{1}H-^{18}O-^{2}H$	21
$^{1}H-^{16}O-^{3}H$	20	$^{1}H-^{17}O-^{3}H$	21	$^{1}H-^{18}O-^{3}H$	22
$^{2}H-^{16}O-^{2}H$	20	$^{2}H-^{17}O-^{2}H$	29	$^{2}H-^{18}O-^{2}H$	22
$^{2}H-^{16}O-^{3}H$	21	$^{2}H-^{17}O-^{3}H$	22	$^{2}H-^{18}O-^{3}H$	23
$^{3}H-^{16}O-^{3}H$	22	$^{3}H-^{17}O-^{3}H$	23	$^{3}H-^{18}O-^{3}H$	24

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 می‌گیرد؟

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؟



تست ۱: کدام گزینه، عبارت درستی را بیان نمی‌کند؟

۱) ۱amu واحد جرم اتمی است.
۲) یک amu برابر $\frac{۱}{۱۲}$ جرم اتم کربن -۱۲ است.
۳)جرم پروتون و الکترون تقریباً ۱amu است.
۴) جرم اتم کربن -۱۲ برابر ۱۲amu است.

تست ۲ : جرم یک اتم $^{56}_{26}Fe$ کدام است؟

۱) ۵۶g ۲) ۲۶g ۳) ۲۶amu ۴) ۵۶amu

تست ۳ : جرم یک مول اتم $^{23}_{11}Na$ و جرم یک مول گاز اکسیژن کدام است؟ $(^{16}_{8}O)$

۱) ۳۲g , ۲۳g ۲) ۳۲amu , ۲۳amu
۳) ۱۶g , ۲۳g ۴) ۱۶amu , ۲۳amu

تست ۴ : کدام گزینه عبارت درستی را بیان می‌کند؟

۱)جرم یک اتم کربن -۱۲ برابر ۱amu است. ۲) یکای عدد جرمی عنصرها برحسب amu می‌باشد.
۳) به کمک عدد جرمی عنصرها جرم آن‌ها را می‌توان تعیین کرد. ۴)جرم اتمی عنصرها عددی صحیح است.

تست ۵ : با توجه به تعداد ایزوتوپ‌های اکسیژن و هیدروژن، چند نوع مولکول آب با جرم مولکولی ۲۰ می‌توان یافت؟

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۶ ۴) ۲

تست ۶ : با توجه به تعداد ایزوتوپ‌های هیدروژن، چند نوع مولکول هیدروژن می‌توان ساخت؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۶

تست ۷ : با توجه به تعداد ایزوتوپ‌های هیدروژن، چند نوع مولکول هیدروژن، با جرم مولکولی متفاوت می‌توان ساخت؟

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

تست ۸ : کدام گزینه عبارت درستی را بیان می‌کند؟

۱)هر یک از عنصرهای جدول تناوبی دارای چند ایزوتوپ می‌باشند.
۲)فراوانی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان است.
۳)ایزوتوپ‌های یک عنصر ممکن است ساختگی یا طبیعی باشند.
۴)ایزوتوپ‌های یک عنصر بار الکتریکی متفاوت دارند.

تست ۹ : جرم میانگین اتمی ۸۵/۵ است. اگر این اتم دارای دو ایزوتوپ به جرم‌های ۸۵ و ۸۷ باشد، درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین چند است؟

۱) ۷۵ ۲) ۸۰ ۳) ۲۵ ۴) ۲۰

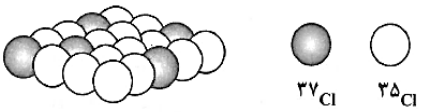
تست ۱۰: اتم A دارای دو ایزوتوپ به جرم‌های ۶۱ و ۶۲ است. اگر درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین ۱/۵ برابر ایزوتوپ سبک باشد، جرم اتمی میانگین اتم A چند است؟

۱) ۶۱/۶ ۲) ۶۱/۷ ۳) ۶۱/۴ ۴) ۶۱/۳

تست ۱۱:کدام گزینه عبارت درستی را بیان نمی‌کند؟ (اکسیژن را از یک نوع ایزوتوپ در نظر بگیرید)

۱) قطعه یخ $D_۲O$ در آب معمولی $(H_۲O)$ فرو می‌رود.
۲) حجم ۱۰۰ گرم آب معمولی کمتر از حجم ۱۰۰ گرم آب سنگین است.
۳) جرم مولی $D_۲O$ از $H_۲O$ بیشتر است.
۴) چگالی $D_۲O$ از $H_۲O$ بیشتر است.

تست ۱۲: بر اساس شکل زیر، که توزیع نسبی اتم‌های کلر را در کلر طبیعی نشان می‌دهد، می‌توان دریافت که ..... درصد کلر طبیعی را ایزوتوپ ^{35}Cl تشکیل می‌دهد، جرم اتمی میانگین کلر برابر با ..... واحد جرم اتمی است و ایزوتوپ ..... پایدارتر است.



۱) ۸۰ ـ ۳۵/۵۰ ـ ^{35}Cl

۲) ۷۵ ـ ۳۵/۵۰ ـ ^{35}Cl

۳) ۲۰ ـ ۳۵/۴۸۵ ـ ^{37}Cl

۴) ۲۵ ـ ۳۵/۴۸۵ ـ ^{37}Cl

تست ۱۳: اگر جرم الکترون با تقریب برابر $\frac{1}{2000}$ جرم هر یک از ذره‌های پروتون و نوترون فرض شود، نسبت جرم الکترون‌ها در اتم $^{Z}_{Z}A^{2}$، به جرم این اتم، به کدام کسر نزدیک‌تر است؟

۱) $\frac{1}{1000}$ ۲) $\frac{1}{2000}$ ۳) $\frac{1}{4000}$ ۴) $\frac{1}{5000}$

تست ۱۴: عنصر $_{18}X$ با جرم اتمی میانگین $36/8\ g.mol^{-1}$، دارای سه ایزوتوپ طبیعی است که یکی از آن‌ها دارای ۲۰ نوترون و فراوانی ۲۰٪ و دیگری ۱۸ نوترون با فراوانی ۷۰٪ است. شمار نوترون‌های ایزوتوپ دیگر کدام است؟ (جرم پروتون و نوترون را یکسان و برابر ۱amu در نظر بگیرید) **(تجربی۹۰ – خارج از کشور)**

۱) ۲۱ ۲) ۲۲ ۳) ۲۳ ۴) ۲۴

✓ **پاسخ: گزینه‌ی (۲)**

جرم اتمی ایزوتوپ دوم=۱۸+۱۸=۳۶ جرم اتمی ایزوتوپ اول=۱۸+۲۰=۳۸

فراوانی ایزوتوپ سوم=٪۱۰۰-٪۲۰-٪۷۰=٪۱۰

$$\text{جرم اتمی میانگین}=\sum M_i\alpha_i \rightarrow 36/8=\left(38\times\frac{20}{100}\right)+\left(36\times\frac{70}{100}\right)+\left(M_i\times\frac{10}{100}\right)$$

$\rightarrow M_i=40$ (جرم اتمی ایزوتوپ سوم)

جرم اتمی ایزوتوپ سوم=نوترون‌ها+پروتون‌ها=۱۸+۴۰←نوترون‌ها=۴۰←شمار نوترون‌های ایزوتوپ سوم=۲۲

تست ۱۵: اگر جرم پروتون ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون، جرم نوترون ۱۸۵۰ برابر جرم الکترون و جرم الکترون برابر ۰/۰۰۰۵۴ amu در نظر گرفته شود، جرم تقریبی یک اتم تریتیم برابر چند گرم خواهد بود؟ **(ریاضی۹۳)**

$(1\ amu = 1/66 \times 10^{-24} g)$

۱) $4/96 \times 10^{-24}$ ۲) $9/112 \times 10^{-24}$

۳) $4/34 \times 10^{-22}$ ۴) $9/815 \times 10^{-22}$

آزمون با پاسخ

شماره ۲

۱- رادرفورد در آزمایش مربوط به بمباران ورقه‌ی نازکی از طلا به وسیله‌ی پرتوهای پر انرژی آلفا، مشاهده کرد که تعداد بسیار ..... از ذره‌های آلفای تابیده شده با زاویه‌ی بیش از ۹۰° از مسیر خود منحرف شدند و نتیجه‌گیری کرد که ..... .

۱) زیادی - اتم طلا هسته‌ای بسیار کوچک با جرم زیاد دارد.

۲) اندکی - اتم طلا هسته‌ای بسیار کوچک با جرم زیاد دارد.

۳) اندکی- بیش‌تر حجم اتم را فضای خالی تشکیل می‌دهد.

۴) زیادی - بیش‌تر حجم اتم را فضای خالی تشکیل می‌دهد.

۲- در مدل اتمی ..... ، ذرات دارای بار ..... درون فضای کروی ابرگونه‌ای با بار الکتریکی ..... پراکنده شده‌اند.

۱) تامسون - منفی - مثبت
۲) رادرفورد - منفی - مثبت
۳) تامسون - مثبت - منفی
۴) رادرفورد - مثبت - منفی

۳- واحد جرم اتمی در شیمی امروزی چیست ؟

۱) جرم اتمی هیدروژن می‌باشد.
۲) یک شانزدهم جرم اتمی اکسیژن ۱۶ است.
۳) جرمی به اندازه‌ی یک نوترون می‌باشد.
۴) یک دوازدهم جرم اتمی کربن ۱۲ است.

۴- عنصر کلر دارای دو ایزوتوپ $^{35}_{17}Cl$ و $^{37}_{17}Cl$ به ترتیب با فراوانی ۷۵ و ۲۵ درصد می‌باشد. جرم اتمی متوسط کلر چقدر است ؟

۱) ۳۶ ۲) ۳۴ ۳) ۳۶/۵ ۴) ۳۵/۵

۵- کدام مطلب درباره‌ی ذرات بنیادی یک اتم درست است؟

۱) بار هر پروتون به مقدار قابل توجهی بیش‌تر از بار هر الکترون است.

۲) جرم هر پروتون به مقدار قابل توجهی بیش‌تر از جرم هر نوترون است.

۳) تعداد پروتون و نوترون در هسته‌ی هر اتمی برابر است.

۴) تعداد پروتون و الکترون در هر اتم خنثی برابر است.

۶-تمام عبارتهای زیر جزو پژوهشها یا نتیجه‌ی آزمایشهای رادرفورد است، بجز .....

۱) پروتونها تنها ذره‌ی سازنده‌ی هسته نیستند و در هسته‌ی اتم باید ذره‌ی دیگری وجود داشته باشد.

۲) با طراحی آزمایش هوشمندانه، وجود یک ذره‌ی خنثی (نوترون) را در اتم به اثبات رسانید.

۳) عدد اتمی همه‌ی اتم‌های یک عنصر، یکسان است و با کمک عدد اتمی می‌توان نوع عنصر را معین کرد.

۴) مقدار بار مثبت هسته‌ی برخی اتم‌ها را اندازه‌گیری و بر مقدار بار الکتریکی پروتون تقسیم کرد.

۷- با استفاده از دو ایزوتوپ اکسیژن ($^{16}_{8}O$ و $^{17}_{8}O$) و تمام ایزوتوپ‌های هیدروژن، چند مولکول مختلف آب امکان تشکیل‌شدن را دارد ؟

۱) ۹ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۱۲

۸- کدام مقایسه در مورد H_2O (آب معمولی) و D_2O (آب سنگین) درست است؟

۱) خواص شیمیایی و فیزیکی آن‌ها متفاوت است.
۲) جرم مولی آن‌ها یک‌سان است.
۳) چگالی یک‌سانی دارند.
۴) قطعه یخ H_2O در آب سنگین فرو نمی‌رود.

۹- عنصر بور شامل دو ایزوتوپ ${}^{10}_{5}B$ و ${}^{11}_{5}B$ است و جرم اتمی میانگین بور، ۱۰/۹ است. فراوانی ایزوتوپ ${}^{11}B$ در طبیعت ، کدام است ؟

۱) ٪۹۰ ۲) ٪۹۱ ۳) ٪۹۲ ۴) ٪۸۹

۱۰- نسبت تعداد ذرات زیر اتمی در اتم تریتیم به تعداد ذرات زیر اتمی در یون ${}^{15}_{7}X^{3-}$ کدام است؟

۱) ۰/۲۰ ۲) ۰/۱۶ ۳) ۰/۱۲ ۴) ۰/۱۸

۱۱- با توجه به وجود ۳ ایزوتوپ برای اکسیژن (${}^{16}_{8}O$ ، ${}^{17}_{8}O$ ، ${}^{18}_{8}O$) و ۳ ایزوتوپ برای هیدروژن (${}^{1}_{1}H$ ، ${}^{2}_{1}D$ ، ${}^{3}_{1}T$) ، نسبت جرم سبک‌ترین مولکول آب به سنگین‌ترین مولکول آب کدام است؟

۱) ۰/۷۵ ۲) ۰/۸۰ ۳) ۰/۸۵ ۴) ۰/۹۰

۱۲- دانشمندان با کمک دستگاهی به نام طیف‌سنج جرمی، ..... را برای اتم‌ها با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که همه‌ی اتم‌های یک عنصر، جرم یک‌سانی ..... . مطالعات انجام شده به وسیله‌ی طیف‌سنج جرمی، به معرفی مفهوم ..... انجامید.

۱) جرم نسبی - دارند - ایزوتوپ ۲) جرم نسبی - ندارند - ایزوتوپ

۳) تعداد پروتون - ندارند - عدد اتمی ۴) تعداد پروتون - دارند - عدد جرمی

۱۳- کشف عدد اتمی توسط ..... و کشف نوترون توسط ..... صورت گرفت.

۱) فارادی - چادویک ۲) رادرفورد - چادویک ۳) تامسون - رادرفورد ۴) تامسون - چادویک

داستان کوتاه

پادشاهی جایزه بزرگی برای هنرمندان گذاشت که بتوانند به بهترین شکل آرامش را تصویر کنند. نقاشان بسیاری آثار خود را به قصر فرستادند. آن تابلوها تصاویری بودند از جنگل به هنگام غروب، رود های آرام، کودکانی که در خاک می دویدند، رنگین کمان و قطرات شبنم بر گلبرگ گل سرخ.

پادشاه تمام تابلوها را بررسی کرد. اما سرانجام فقط دو اثر را انتخاب کرد. اولی تصویر دریاچه آرامی که کوههای عظیم، آسمان آبی را در خود منعکس کرده بود، در جای جایش می شد ابرهای کوچک و سفید را دید و اگر دقیق نگاه می کردند در گوشه چپ دریاچه خانه کوچکی قرار داشت، پنجره اش باز بود و دود از دودکش آن بر می خواست.

تصویر دوم نیز کوهها را نمایش می داد، اما کوهها ناهموار بود، قله ها تیز و دندانه ای بود، آسمان بالای کوهها به طور بی رحمانه ای تاریک بود و ابرها آبستن آذرخش، تگرگ و باران سیل آسا بود. این تابلو با تابلوهای دیگر هیچ هماهنگی نداشت. اما وقتی آدم با دقت به تابلو نگاه می کرد در بریدگی صخره ای، جوجه پرنده ای را می دید، آنجا در میان غرش وحشیانه طوفان، جوجه گنجشکی آرام نشسته بود.

پادشاه درباریان را جمع کرد و اعلام کرد که برنده مسابقه بهترین تصویر آرامش، تابلوی دوم است. بعد توضیح داد که:

آرامش آن چیزی نیست که در مکانی بی سر و صدا، بی مشکل، بی کار سخت یافت شود، بلکه چیزی است که باعث میشود در میان شرایط سخت، آرامش در قلب ما حفظ شود، این تنها معنای حقیقی آرامش است.

پاسخ تشریحی

۱- گزینه‌ی ‹۲›

در بمباران ورقه‌ی نازک طلا توسط پرتوی آلفا، تعداد بسیار کمی از ذره‌های آلفای تابیده شده با زاویه‌ای بیش از ۹۰° از مسیر خود منحرف می‌شوند. رادرفورد از این مشاهده نتیجه‌گیری کرد که اتم طلا هسته‌ای بسیار کوچک دارد که تمام بار مثبت هسته و قسمت عمده‌ی جرم اتم در آن‌جا تمرکز یافته است.

۲- گزینه‌ی ‹۱›

در مدل تامسون، الکترون‌ها در فضای کروی ابرگونه‌ای با بار مثبت پراکنده هستند.

۳- گزینه‌ی ‹۴›

در گذشته هیدروژن و اکسیژن برای تعریف واحد جرم اتمی انتخاب شده بودند اما در نهایت یک دوازدهم جرم اتم ${}^{12}_{6}C$ برای این منظور برگزیده شد.

۴- گزینه‌ی ‹۴›

$$\text{جرم اتمی متوسط کلر} = \left(۳۵ \times \frac{۷۵}{۱۰۰}\right) + \left(۳۷ \times \frac{۲۵}{۱۰۰}\right) = ۳۵/۵$$

۵- گزینه‌ی ‹۴›

در هر اتم خنثی، تعداد پروتون‌ها با تعداد الکترون‌ها برابر است. اگر تعداد پروتون در ذره‌ی موردنظر برابر نباشد، طرف حساب ما با یک یون است نه یک اتم خنثی.

در مورد گزینه‌ی (۱): بار هر پروتون با بار هر الکترون برابر است.

در مورد گزینه‌ی (۲): جرم هر نوترون به مقدار ناچیزی بیش‌تر از جرم هر پروتون است.

در مورد گزینه‌ی (۳): در اتم عنصرهای مختلف، رابطه‌ی معینی میان تعداد پروتون و نوترون هسته‌ی آن‌ها وجود ندارد. حتی اتم‌های یک عنصر، از نظر تعداد نوترون وضعیت یک‌سانی ندارند (ایزوتوپ‌ها) . به جز اتم H (که نوترون ندارد) ، در سایر اتم‌ها تعداد نوترون مساوی یا بیش‌تر از تعداد پروتون در هسته‌ی اتم است.

۶- گزینه ۲

در سال ۱۹۳۲ یکی از دانشجویان پرتلاش رادرفورد به نام جیمز چادویک، با طراحی آزمایشی هوشمندانه وجود یک ذره‌ی خنثی (نوترون) را در اتم به اثبات رسانید.

۷- گزینه‌ی ‹۴›

$${}^{16}O, \begin{cases} H \\ D \\ T \end{cases} \Rightarrow {}^{16}O\begin{cases} H \\ H \end{cases}, {}^{16}O\begin{cases} D \\ D \end{cases}, {}^{16}O\begin{cases} T \\ T \end{cases}, {}^{16}O\begin{cases} H \\ D \end{cases}, {}^{16}O\begin{cases} H \\ T \end{cases}, {}^{16}O\begin{cases} D \\ T \end{cases}$$

شش مولکول آب دیگر هم با استفاده از ${}^{17}O$ می‌توان در نظر گرفت.

۸- گزینه‌ی ‹۴›

چگالی D_2O بیش‌تر از H_2O است و از طرفی، چگالی آب (مایع) بیش‌تر از یخ (جامد) است. بنابراین چگالی آب سنگین (D_2O مایع) حتماً بیش‌تر از چگالی یخ H_2O است و قطعه یخ H_2O در سطح آب سنگین شناور مانده و در آن فرو نمی‌رود.

در مورد گزینه‌ی (۱): خواص شیمیایی D_2O و H_2O یک‌سان، ولی خواص فیزیکی آن‌ها، متفاوت است.

در مورد گزینه‌ی (۲): جرم مولی D_2O بیش‌تر از جرم مولی H_2O است.

۹- گزینه‌ی ‹۱›

اگر درصد فراوانی B^{11} را برابر x در نظر بگیریم، درصد فراوانی B^{10} نیز برابر $(100-x)$ خواهد بود.

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \Sigma \left(\text{فراوانی ایزوتوپ}\right) \times \left(\text{عدد جرمی ایزوتوپ}\right)$$

$$\Longrightarrow 10/9 = \left(11 \times \frac{x}{100}\right) + \left(10 \times \frac{100-x}{100}\right) \Longrightarrow x = 90$$

۱۰- گزینه‌ی ‹۲›

$${}^{3}_{1}T \Longrightarrow \begin{cases} \text{پروتون } 1 \\ \text{الکترون } 41 \\ \text{نوترون } 2 \end{cases} \Rightarrow \text{تعداد ذرات زیر اتمی} = 1+1+2 = 4$$

$${}^{15}_{7}X^{3-} \begin{cases} \text{پروتون } 7 \\ \text{الکترون } 258 \\ \text{نوترون } 10 \end{cases} \Rightarrow \text{تعداد ذرات زیر اتمی} = 7+8+10 = 25$$

۱۱- گزینه‌ی ‹۱›

جرم مولی سبک‌ترین مولکول آب ($H_2{}^{16}O$) برابر ۱۸ و جرم مولی سنگین‌ترین مولکول آب ($T_2{}^{18}O$) برابر ۲۴ است. پس:

$$\frac{M(H_2{}^{16}O)}{M(T_2{}^{18}O)} = \frac{18}{24} = 0/75$$

۱۲- گزینه‌ی ‹۲›

دانشمندان با کمک دستگاهی به نام طیف‌سنج جرمی، جرم نسبی را برای اتم‌ها با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که همه‌ی اتم‌های یک عنصر، جرم یک‌سانی ندارند.

مطالعات انجام شده به وسیله‌ی طیف‌سنج جرمی، به معرفی مفهوم ایزوتوپ انجامید.

۱۳- گزینه‌ی ‹۲›

کشف عدد اتمی توسط رادرفورد و کشف نوترون توسط چادویک صورت گرفت.