فصل اول: ساختار اتم

انسان‌ها از همان آغاز پیدایش، بر روی زمین به کنجکاوی و جستجو در محیط پیرامون خود می‌پرداختند. آنها می‌پنداشتند که تمام آنچه که در پیرامون خود می‌بینند از عناصر خاصی تشکیل شده است. برای تعیین ساختار درونی هر آنچه که در کائنات هست نظریات مختلفی از سوی دانشمندان ارائه شده است که بسیاری از آنها بر اساس یافته‌های جدید، توسط دانشمندان بعد از خود رد و یا اصلاح می‌شدند. نظریه‌هایی که در طول تاریخ برای کشف ساختار مواد مطرح شده‌اند در این فصل به صورت کامل آورده شده است ولی قبل از آن درک مفهوم عنصر، اتم، خواص فیزیکی، خواص شیمیایی و ... ضروری است.

تعریف عنصر: عنصر ماده‌ای را می‌گویند که فقط از یک نوع اتم تشکیل شده باشد (همه اتمهای یک عنصر عدد اتمی یکسانی دارند)؛ به عبارت بهتر مجموعه‌ای از اتمهای یکسان، یک عنصر را تشکیل می‌دهند. به عنوان مثال قطعه‌ای از آهن خالص ۱۰ کیلوگرمی یک عنصر است.

تعریف اتم: کوچکترین ذره یک عنصر را اتم می‌گویند. خواص فیزیکی و شیمیایی یک عنصر به ویژگی‌های اتم‌های آن بستگی دارد. خواص فیزیکی و شیمیایی قطعه آهن مثل سختی، رسانایی الکتریکی و گرمایی آن به خواص اتمهای آهن بستگی دارد.

هرکسی یه سری خواص و ویژگی‌هایی داره که یا ظاهرین یعنی با همون نگاه اول مشخص میشن (مثل قد، وزن، رنگ، شکل مو و ...) و یا رفتارین، یعنی باید با اون آدم دوستی و معاشرت و داد و ستد داشته باشی تا ببینی مثلا در مبادله کار و بار چه واکنشی از خودش نشون میده (مثلا وقتی بفوای ازش پول قرض بگیری تازه می‌فهمی که مرام داره یا آدم خسیسیه!).

خواص فیزیکی مواد از ظاهر آنها مشخص می‌شود اما خواص شیمیایی از طریق رفتار مواد در هنگام مبادله الکترون مشخص می‌شوند. به عبارت بهتر خواص شیمیایی به چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی که مصداقی از تبادل الکترون است بستگی دارد.

خواص فیزیکی: خواصی نظیر چگالی، دمای ذوب و جوش، رنگ ، بو، جذب و نشر نور و ... که مواد از خود نشان می‌دهند.

خواص شیمیایی: خواصی که به چگونگی واکنش شیمیایی و مبادله الکترونها در بین اتم‌ها مرتبط است.

تذکر: هر نوع ماده شیمیایی هم دارای خواص فیزیکی است و هم خواص شیمیایی.

فلورسانس: فلورسانس از خواص فیزیکی برخی مواد شیمیایی است که این مواد، نوری با طول موج معینی را جذب می‌کنند و به جای آن نوری با طول موج بلندتر را منتشر می‌سازند و با قطع شدن منبع نور این تابش قطع می‌شود؛ مثل ZnS که در تولید لامپ تلویزیون و نمایشگرها کاربرد دارد. ماده‌ای که دارای خاصیت فلورسانس باشد را فلورسنت می‌نامند.

فسفرسانس: همانند فلورسانس یک خاصیت فیزیکی است که نوری با طول موج معین را جذب و به جای آن نوری با طول موج بلندتر را منتشر می‌سازد ولی با قطع شدن منبع نور، این تابش قطع نمی‌شود. مثل شب نما.

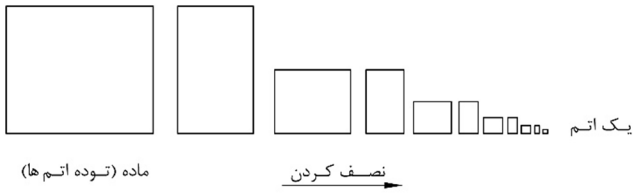
کَلَک یادگیری: درسته که موضوع فلورسانس و فسفرسانس هیچ ربطی به عنصرهای F_{9} و P_{15} نداره ولی اگه یه جورایی بخواییم بچسبونیم به اینا، میگیم چون فلور کوچولوئه طاقت نمیاره و زود قطع میشه ولی فسفر بزرگ‌لوا! و به انتشار نورش ادامه میده.

در مباحث بعدی خواهیم دید که اساس خواص فلورسانس و فسفرسانس، ناشی از برانگیخته کردن الکترون به مدار بالاتر و بازگشت آن به حالت پایه است که در این حالت نور نشر می‌کند. اگر طول موج نور حاصل از بازگشت الکترون (از حالت برانگیخته به حالت پایه) در ناحیه مرئی (طول موج ۳۵۰ الی ۷۵۰ نانومتر) باشد چشم انسان می‌تواند این موج را به صورت رنگی مشاهده کند. درک

ShimiMoler
www.ShimiPedia.ir

عمیق این موضوع بعد از مطالعه مدل اتمی بور به راحتی امکان‌پذیر است.

پس دیدگاه کلی در این فصل این است که اگر مواد موجود در طبیعت را مرحله به مرحله تجزیه و تقسیم کنیم کوچکترین ذره حاصل چیست وچه مشخصاتی دارد. همانند شکل روبرو؛ نظریات دانشمندان همین موضوع را بررسی می کنند.



در طول تاریخچه اتم، بعضی دانشمندان *ایده* دادند، بعضی‌ها *مدل* ارائه کردند و برخی دیگر *خدماتی* جهت رسیدن به ایده و مدل ارائه نمودند:

ایده: در مورد اتم فرضیه و گمانه زنی‌هایی را ارائه می‌کردند که نقطه شروع و زمینه ساز نظریات بودند.

مدل: ساختار اتم را به چیزی تشبیه می‌کردند که در جهت اثبات و توجیه مدل دلیل می‌آوردند.

خدمات: در جهت ارائه ایده‌ها و مدل‌های بهتر، راهکارهایی را ارائه می‌دادند.

تذکر: اینکه هر نظریه، ایده است یا مدل اتمی، در کنار اسم هر دانشمند قید شده است.

تا حالا دیدین آدم از یکی خیلی بدش بیاد اونو تشبیه میکنه به یه چیز عجیب و غریب؟ مثلا میگه مرتیکه شو نگا، انگار شبیه گوریله، یعنی از دیدگاه شاکی واسه اون مظنون مدلی ارائه شد که شبیه گوریل هس.

قبل از اینکه وارد بحث اصلی شویم به یک داستان کوتاه در رابطه با شناخت فیل توجه کنید:

فیل موجود عظیم الجثه‌ای هست؛ قدیما آدما که میخواستن به عظمت این موجود پی ببرن چن نفر داوطلب میشدن تا پیش فیل برن و از نزدیک ببینن این موجود رو و بیان به مردم توصیف کنن که فیل چه جور موجودی هست. یکی میرفت فقط دُم فیل رو میدید میومد میگفت فیل یه موجود دُم بزرگی هستش که نگو!؛ بعدی میرفت فقط خرطومشو میدید میومد میگفت فیل یه خُرطومه که دست و پا درآورده ؛ یکی دیگه مثلاً پاشو میدید می‌گفت فیل یه پالنده‌ای هست و ...خلاصه اینکه هر کسی از دیدگاه خودش فیل رو به یه چیزی تشبیه میکرد و مدلی رو ارائه می‌داد مثل همین تاریخچه دانشمندان ما.

۱-۱- مدل اتمی توپر (نظریه دالتون): جهت ارائه این مدل دانشمندان زیر نقش داشتند:

ایده	خدمات	مدل
دموکریت	تالس، ارسطو، بویل	دالتون

تالس (یونانی)[۵۰۰ سال قبل از میلاد]: آب را عنصر اصلی سازنده زمین می‌دانست. در اینجا منظور از عنصر جوهره سازنده یا اصل سازنده یک ماده است.

دموکریت (یونانی)[۵۰۰ قبل از میلاد](ایده تجزیه ناپذیری): اولین بار ایده اتم (یعنی تجزیه ناپذیری) را مطرح کرد: همه مواد از ذرات بسیار کوچک و تجزیه ناپذیری بنام اتم ساخته شده‌اند، ولی نتوانست ایده خود را ثابت کند و توضیح دهد. نظریه دموکریت نقطه شروع علم شیمی محسوب می‌شود چرا که اولین ایده اتمی را مطرح کرد.

اما کی بود که به حرفش گوش بده واسه همین علم شیمی ۲۰۰۰ سال به لطف ارسطو خان خواب بوده!

ارسطو (یونانی)[۳۰۰ قبل از میلاد]: خاک، هوا و آتش را به عنصرهای پیشنهادی تالس اضافه کرد. نظریه وی تا ۲۰۰۰ سال مورد

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

پذیرش بود (طولانی‌ترین نظریه در تاریخچه دانشمندان می‌باشد). نظریه ارسطو و تالس بیشتر حالت فلسفی دارد و به صورت تجربی و آزمایشگاهی قابل اثبات نیستند.

یونانیان باستان به فلسفه بافی و سفسطه گرایی معروف بودن واسه همین تالس و ارسطو شیمی رو مثل ادبیات تفیلی میدونستن و فقط به مشاهده، اندیشیدن و نتیجه گیری بسنده میکردن، دیگه اجرای آزمایش و اینبور چیزا در کار نبود و از آنجایی که قدرت هم دست فلسفه دانا بود کسی جرأت نمیکرد حرفی رو حرفشون بزنه اما بعد از ۲۰۰۰ سال رابرت انگلیسی طلسم رو شکست.

کَلَک یادگیری: حتما شنیدین که حکومت هخامنشی ۲۵۰۰ سال پیش بود یعنی دقیقا همزمان با تالس و ارسطو، شاید هم هوا، خاک، آتش رو از ابتدای کلمه هخامنش کِش رفتن!

رابرت بویل (انگلیسی) [۱۶۶۱ میلادی]: با انتشار کتاب شیمی دان شکّاک، عنصر را به عنوان ماده‌ای که نمی‌توان آن را به مواد ساده‌تری تجزیه کرد تعریف کرد. او از شیمی دانان خواست علاوه بر مشاهده، اندیشیدن و نتیجه‌گیری (که تنها ابزار یونانیان بود) به پژوهش‌های عملی نیز اقدام کنند به عبارت بهتر شیمی را علمی تجربی دانست. پس مفهوم تازه‌ای که از عنصر معرفی کرد با مفهومی که یونانیان برای عنصر معرفی کرده بودند متفاوت است.

البته بنده خدا رابرت کلی ترس داشت ولی بلاخره اینکه یونانیا کنار کشیدن و انگلیسیا وارد شدن.

جان دالتون (انگلیسی) [۱۸۰۳ میلادی] (نظریه اتمی توپر): این نظریه نقطه آغازی برای مطالعه عمیق‌تر و دقیق‌تر ساختار و رفتار ماده بود (چرا که اولین مدل اتمی را ارائه کرده بود و اتم را به کره توپر تشبیه کرده بود). با انجام آزمایش و با استفاده از واژه اتم (یعنی تجزیه ناپذیر) نظریه اتمی خود را اثبات و به شرح ذیل اعلام کرد:

❋ ماده از ذرات تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده است (نقض شده: امروزه می‌دانیم که اتم از الکترون، پروتون و نوترون تشکیل یافته است. الکترونها در طی واکنشهای شیمیایی، پروتونها و نوترونها در طی واکنشهای هسته‌ای مبادله می‌شوند).

❋ همه اتم‌های یک عنصر مشابه یکدیگرند (نقض شده: ایزوتوپها، خواص شیمیایی یکسان ولی خواص فیزیکی و جرم متفاوتی دارند).

❋ اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند. برای واکنشهای شیمیایی کاملاً درست است که همان قانون پایستاری جرم است و این قضیه اساس موازنه واکنش‌های شیمیایی می‌باشد (ولی در مورد واکنشهای هسته‌ای نقض می‌شود).

❋ اتم‌های عنصرهای مختلف جرم و خواص شیمیایی متفاوتی دارند (قابل تأیید است. مثلاً جرم و خواص شیمیایی دو عنصر سدیم $^{۲۳}_{۱۱}Na$ و منیزیم $^{۲۴}_{۱۲}Mg$ با هم متفاوت است).

❋ اتم‌های عنصرهای مختلف به هم متصل می‌شوند و مولکول‌ها را به وجود می‌آورند (شاید عنصرهای یکسان تشکیل مولکول بدهند، مثل مولکول $O_۲$. در ضمن در واکنش سدیم با کلر به عنوان دو عنصر، شبکه یونی تشکیل می‌شود نه مولکول).

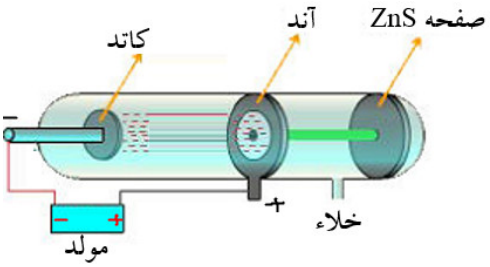
❋ در هر مولکول از یک ترکیب معین، همواره نوع و تعداد نسبی اتم‌های سازنده آن یکسان است (آب به عنوان یک مولکول در هر کجای دنیا باشد از دو هیدروژن و یک اکسیژن تشکیل می‌شود).

❋ واکنش‌های شیمیایی شامل جابه‌جایی اتم‌ها یا تغییر در شیوه اتصال آنهاست. در این واکنش‌ها، خود اتم‌ها تغییری نمی‌کنند (همان واکنشهای تجزیه، ترکیب، جانشینی یگانه و دوگانه می‌باشد، ولی اگر لفظ شیمیایی نبود وجود واکنشهای هسته‌ای این بند را رد می‌کرد).

نتایج نظریه اتمی دالتون:

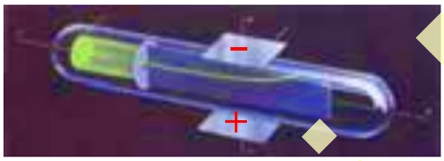
www.ShimiPedia.ir

نتیجه ۲: پرتوهای کاتدی به هنگام عبور گاز رقیق درون لوله را ملتهب می‌سازند. این به خاطر برانگیخته شدن الکترون‌های اتم‌های گازی (در اثر برخورد پرتوهای کاتدی) و برگشت دوباره آن به حالت پایه می‌باشد که انرژی دریافت شده را دوباره پس می‌دهد ولی این بار با طول موج دیگری که چشم انسان این طول موج را رؤیت می‌کند.



تذکر: با تعویض گاز درون لوله، رنگ درخشش درون لوله تغییر می‌کند؛ مثلاً گاز نئون قرمز مایل به نارنجی است و گاز هیدروژن به رنگ صورتی می‌درخشد (در مدل اتمی بور دلیل این موضوع را کامل متوجه خواهیم شد).

نتیجه ۳: پرتوهای کاتدی دارای بار الکتریکی منفی هستند (در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت میدان منحرف می‌شوند) و میزان انحراف، با اندازه بار ذره نسبت مستقیم و با جرم ذره نسبت عکس دارد. میزان انحراف ذرات باردار اساس طیف سنج جرمی است. تامسون با مطالعه بر روی پرتو کاتدی توانست نسبت بار به جرم الکترون را محاسبه کند ($۱/۷۶\times۱۰^{۸}C/g$).



نتیجه ۴: همه مواد دارای الکترون هستند (با تعویض جنس کاتد، باز هم پرتوهای کاتدی مشاهده می‌شوند؛ مثلاً اگر جنس کاتد را از آهن به مس یا تخته چوبی و حتی هر جسم دیگری تعویض کنیم باز خروج الکترون مشاهده می‌شود).

تذکر: با تعویض جنس کاتد، ولتاژ لازم برای کندن الکترون از کاتد تغییر خواهد کرد؛ به عبارت بهتر انرژی لازم برای کندن الکترون از کاتد، به جنس کاتد بستگی دارد.

سوال: بر اساس متن کتاب درسی صفحه ۱۴، اساس کار دستگاه طیف سنج جرمی چگونه است؟

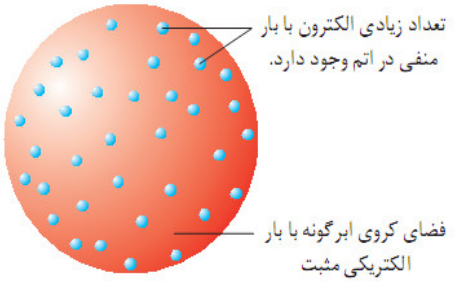
اگر در یک میدان الکتریکی، قطبهای مثبت و منفی را درجه‌بندی کنیم طوری که این درجه بندی، طیف جرمی ذرات (از جمله عناصر و ذرات زیر اتمی و ...) را شامل شود با وارد کردن ذرات باردار (از جمله الکترونها، پروتونها، کاتیون‌ها، آنیونها و یا هر ذره باردار دیگر) هر ذره با توجه به نسبت بار به جرم خود به قطبهای دستگاه برخورد می‌کند طوری که هرچقدر جرم ذرات کمتر و بار آنها بیشتر باشد راحت‌تر به سمت قطبها منحرف می‌شوند. هر ذره دقیقاً به نقطه‌ای برخورد می‌کند که مربوط به جرم خود باشد؛ به عنوان مثال اگر دو نمونه مجهول داشته باشیم که جرم اتمی آنها را نمی‌دانیم، با وارد کردن این دو ذره به دستگاه طیف سنج جرمی، یکی به قطب منفی و به عدد ۳۹ برخورد کند و دیگری در قطب مثبت به عدد ۳۵ برخورد می‌کند. این دو ذره باردار قطعاً مربوط به کاتیون K^{+} و آنیون Cl^{-} می‌باشد. پس جرم اتمی هر ذره باردار را می‌توان به طور دقیق با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جرمی بدست آورد.

تامسون در آزمایشی مشابهِ دستگاه طیف سنج جرمی توانست موقعیت برخورد الکترون به قطب مثبت را مشخص کند و به این طریق نسبت بار به جرم الکترون را تعیین کرد.

کَلَک یادگیری: *فرض کن شما پایین یه کوهی وایسادی و از بالا قراره یه سنگی بیاد پایین (البته خدای نکرده!). به نظر شما سنگ بزرگ باشه از مسیرش راحت‌تر میشه منحرفش کرد (تا اینکه شما رو زیرش له نکنه اِ ... زبونم لال) یا اینکه کوچیک باشه؟ آگه باور نداری که سنگای کوچیک راحت‌تر منحرف میشن، حتماً با طراحی یه آزمایش امتحان کن. راستی از اول آزمایش شرطمون اینه که نباید از جات در بری و فرار کنیا!!*

مدل اتمی تامسون: تامسون با اجرای آزمایشاتی اثبات کرد که اتم تجزیه پذیر است، الکترونهای جدا شده از آن دارای بار منفی است؛ میزان نسبت بار به جرم را تعیین کرد. حال دنبال این است که اتم را به چیزی تشبیه کند که در این مدل به کیک کشمشی یا هندوانه‌ای تشبیه کرده است؛ در بندهای زیر مدل خود را ارائه نمود:

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir



۱. الکترونها که ذره‌هایی با بار منفی هستند درون فضای کروی ابر گونه-ای با بار مثبت قرار گرفته‌اند، مثل تخمه‌های هندوانه در داخل قسمت خوراکی هندوانه (نقض شده: چون پروتون و نوترون در داخل هسته قرار گرفته و نیز الکترونها نیز در حال حرکت هستند نه ساکن).

۲. اتم در مجموع خنثی است. به عبارت بهتر مقدار بار مثبت فضای کروی با مقدار بار منفی آن برابر است (خنثی بودن اتم امروزه هم صادق است).

۳. ابر کروی جرمی ندارد وجرم اتم به تعداد الکترونهای آن بستگی دارد. (نقض شده: چون جرم الکترون حدود ۲۰۰۰ مرتبه کمتر از جرم پروتون و نوترون است)

۴. جرم زیاد اتم از وجود تعداد بسیار زیاد الکترونها است. (نقض شده).

متاسفانه بعضی از مفاهیم تستهای این بخش با مدل اتمی بور ارتباط تنگاتنگی دارد که این موضوع بخاطر نامناسب بودن روند آموزشی کتاب درسی است. خلاصه اینکه اگر مفهوم بعضی توضیحات را عمیقاً درک نکرده باشید اصلا جای نگرانی نیست. بعد از توضیحات مدل اتمی بور به طور کامل تفهیم خواهد شد.

رابرت میلیکان(فیزیکدان آمریکایی)[سال ۱۹۰۹]: مقدار بار الکتریکی الکترون را محاسبه کرد ($1/602\times10^{-19}$ C) و با توجه به نسبت بار به جرمی که تامسون بدست آورده بود، جرم الکترون نیز ($9/109\times10^{-28}$ g) محاسبه شد.

تست ٤: کدام گزینه درست است؟

۱- مایکل فارادی با استفاده از الکتریسته مالشی نشان داد که اتم تجزیه پذیر است.
۲- تامسون با استفاده از لوله پرتوی کاتدی الکترون را کشف کرد و به عنوان یک ذره زیر اتمی معرفی کرد.
۳- اجرای آزمایش‌های بسیار با الکتریسته مالشی مقدمه‌ای برای شناخت اتم بود.
۴- تامسون ثابت کرد که الکترون به عنوان یک ذره زیر اتمی برای تمامی اتم‌هاست و اتم تجزیه‌پذیر است.

جواب ۴: تامسون با تعویض جنس کاتد در لوله پرتوی کاتدی مشاهده کرد که دسته‌ای از الکترونها (پرتوی کاتدی) از تمامی عناصری که به عنوان کاتد قرار داده می‌شود مشاهده شده است و همه اتمها تجزیه پذیرند.

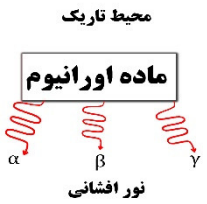
گزینه ۱: با اینکه الکتریسته مالشی دلیلی بر تجزیه پذیر بودن اتم است ولی این کار مایکل فارادی نبود.

گزینه ۲: تامسون اولین بار به وجود الکترون در داخل اتم پی برد. یعنی اینکه متوجه شد الکترونی که قبلاً کشف شده بود (در طول زمان نه توسط یک فرد) آن ذره در داخل اتم هم هست و آن را به عنوان اولین ذره زیر اتمی در نظر گرفت.

گزینه ۳: اجرای آزمایش‌های بسیار با الکتریسته مالشی مقدمه‌ای برای شناخت ساختار درونی اتم (الکترون، پروتون و ...) بود نه وجود خود اتم (وجود خود اتم حتی در زمان دالتون هم معنی داشته است).

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

در ادامه آزمایشات، هانری به طور تصادفی ماده اورانیوم را به عنوان فسفرسنت انتخاب کرد و چون چند روزی هوا ابری بود (یعنی ایشان اورانیوم را نمی‌توانست در برابر خورشید قرار بدهد تا الکترونهای آن برانگیخته شود) ماده اورانیوم را به همراه فیلم خام عکاسی در کشوی میز خود (محیطی کاملاً تاریک) قرار داد؛ چند روز بعد یک دفعه به طور تصادفی تصمیم گرفت که فیلم وضوح اورانیوم را ظاهر کند تا اینکه ببیند واقعا نور افشانی دارد یا خیر! چون اورانیوم چندین روز در محیط تاریک مانده است هانری انتظار داشت شدت نور افشانی آن خیلی کم باشد و حتی با گذشت زمان شدت نور افشانی کمتر و کمتر شود ولی بر خلاف انتظار با ظاهر کردن فیلم عکاسی مشاهده کرد که شدت وضوح تصویر خیلی بالا است؛ از این موضوع نتیجه گرفت که پدیده تازه‌ای کشف کرده است.



دلیل این موضوع این بوده است که چون اورانیوم ماده پرتوزا است علاوه بر امواج الکترومغناطیسی (که ناشی از برانگیختگی الکترون بین مدارهاست) پرتوهای α، β و γ تولید می‌کند و وجود این پرتوها شدت وضوح تصویر را بالا می‌برد. خلاصه اینکه پدیده پرتوزایی (رادیواکتیوی) را اولین بار هانری بکرل کشف کرد (اما ایشان نام ننهاد).

جهت افزایش اطمینان به نتیجه آزمایش بکرل باید چندین بار این آزمایش تکرار شود، چرا که برای یک پدیده اتفاقی با انجام یک آزمایش نمی‌توان نتیجه قطعی و کافی گرفت.

ماری کوری(دانشمند لهستانی): خاصیتی را که هانری بکرل به آن پی برده بود ماری کوری آن را پرتوزایی نام نهاد و مواد دارای این خاصیت را مواد پرتوزا نامید. این دانشمند ثابت کرد که خاصیت پرتوزایی مربوط به ساختار اتم است، یعنی یک پدیده اتمی است (به عبارت بهتر ناشی از اتفاقات درون اتمی است) که در برخی مواد دیده می‌شود.

کشف پرتوزایی ← هانری بکرل

نامگذاری پرتوزایی و مواد پرتوزا ← ماری کوری

تجزیه تحلیل پرتوهای α، β، γ ← ارنست رادرفورد

ارنست رادرفورد (دانشمند نیوزلندی) [۱۹۱۲](مدل اتمی هسته دار): وی فهمید تابشی که بکرل نخستین بار به وجود آن پی برده بود خود ترکیبی از سه تابش مختلف است که پرتوهای α (آلفا)، β (بتا) وγ (گاما) نام گرفتند:

کارهای مهمی که رادرفورد انجام داد عبارتنداز:

۱) تجزیه و تحلیل پرتوهای α، β،γ (بار، جنس، جرم، میزان انحراف، نفوذپذیری و ...)

۲) بمباران ورقه نازک طلا با پرتوهای α

۳) ارائه مدل اتمی هسته دار

۴) کشف عدد اتمی

۵) ایده کشف نوترون

در ادامه تک تک این موارد به طور مفصل بحث خواهد شد:

تجزیه تحلیل پرتوهای α، β، γ: هانری با وارد کردن این پرتوها به میدان الکتریکی متوجه شد که این پرتوها خود از سه نوع تابش

Shimi Moler
www.ShimiPodia.ir

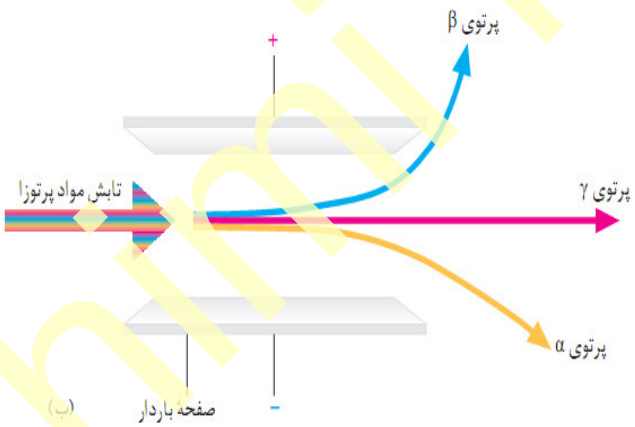
مختلف است به نامهای α، β و γ طوری که تابش α دارای بار مثبت است (چرا که به سمت قطب منفی میدان جذب شده است) تابش β دارای بار منفی است (چرا که به سمت قطب مثبت میدان جذب شده است) و تابش γ بدون بار است (چرا که بدون انحراف از میدان خارج می‌شود).

همانطور که قبلاً در بحث طیف سنج جرمی دیدیم میزان انحراف ذرات باردار در میدان الکتریکی به نسبت بار به جرم آنها بستگی دارد (هر چه بار بیشتر و جرم کمتر باشد میزان انحراف بیشتر است).

با وارد کردن پرتوهای α، β و γ به دستگاه طیف سنج جرمی (میدان الکتریکی درجه‌بندی شده) مشاهده شد که پرتوهای آلفا در قطب منفی دقیقاً به نقطه‌ای برخورد می‌کنند که هسته اتم هلیم $_{۲}^{۴}He^{۲+}$ برخورد کرده است، و نیز پرتوی بتا در قطب مثبت طیف‌سنج، دقیقاً جایی برخورد می‌کند که الکترون هم به همان نکته برخورد کرده است و اما گاما چون نه بار دارد و نه جرم (چرا که از جنس امواج الکترومغناطیس است) به هیچ نقطه‌ای از دستگاه طیف سنج برخورد نمی‌کند و به مسیر مستقیم خود ادامه می‌دهد.

نتیجه اینکه جنس پرتوهای آلفا از هسته اتم هلیم است، جنس پرتوهای بتا از الکترون و جنس پرتوهای گاما از نور است.

$$\alpha = {}_{۲}^{۴}He^{۲+} \qquad \beta = {}_{-۱}^{۰}e \qquad \gamma = \text{نور}$$



اگر جرم یک الکترون را یک واحد در نظر بگیریم، جرم هر پروتون و نوترون حدود ۲۰۰۰ برابر جرم الکترون می‌باشد، بنابراین جرم هر α حدود ۸۰۰۰ برابر جرم β است (چرا که α دارای ۲ پروتون و ۲ نوترون است در حالیکه β فقط یک الکترون دارد).

حال اگر بار هر الکترون یک واحد فرض شود بار α دو برابر بار β خواهد بود، بنابراین نسبت بار به جرم α برابر $\frac{۲}{۸۰۰۰}$ و نسبت بار به جرم β برابر $\frac{۱}{۱}$ است و از آنجایی که نسبت بار به جرم β بیشتر است بنابراین میزان انحراف β بیشتر از α است ($\frac{۱}{۱} > \frac{۲}{۸۰۰۰}$).

با توجه به اینکه ماری کوری گفته بود پرتوزایی یک فرایند اتمی است به عبارت بهتر با فروپاشی هسته اتم پرتوهای α، β و γ نشر می‌شوند و نیز جنس پرتوها را هم یاد گرفتیم. هر اتمی که α نشر دهد عدد اتمی آن ۲ واحد و عدد جرمی آن ۴ واحد کاهش می‌یابد (انگار به اندازه هسته هلیم از هسته اتم پرتوزا کم می‌شود).

$$_{۸۸}^{۲۲۶}M \rightarrow {}_{۸۶}^{۲۲۲}N + {}_{۲}^{۴}\alpha$$

بنابراین هر عنصری که پرتوی آلفا نشر کند در جدول تناوبی به دو عنصر قبل از خود تبدیل می‌شود.

سوال: اگر عنصری سه پرتوی آلفا از خود نشر کند اختلاف تغییرات عدد جرمی با تغییرات عدد اتمی چقدر است؟

جواب: ۶ = ۶ ۱۲

با نشر هر پرتوی β عدد اتمی یک واحد زیاد می‌شود و عدد جرمی تغییری نمی‌کند. قبل از اینکه دلیل این موضوع را متوجه بشوید به سوال زیر جواب بدهید:

سوال: پرتوی β (که از جنس الکترون است) از هسته اتم نشأت می‌گیرد. در داخل هسته که الکترون وجود ندارد، پس ذره β

www.ShimiPedia.ir
Shimi Moeir

چگونه تولید می‌شود؟

جواب: یک پروتون و یک الکترون، مجموعاً خنثی و انگار همانند یک ذره خنثای نوترون عمل می‌کنند؛ به عبارت بهتر طی نشر β یک واحد نوترون از بین می‌رود و تبدیل به یک پروتون و یک الکترون می‌شود. الکترون به صورت β نشر می‌یابد و پروتون به هسته اتم اضافه می‌شود و چون عدد جرمی مجموع تعداد پروتون و نوترون است بنابراین عدد جرمی تغییر نمی‌کند.

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$$

(±) (+) (-)

$$^{220}_{80}M \longrightarrow {}^{220}_{81}N + 1\beta$$

p n (80+140) — p n (81+139)

تذکر: با اینکه پرتوهای β و پرتوهای کاتدی هر دو از جنس الکترون هستند ولی منشأ متفاوتی دارند.

نتیجه مهم این است که با نشر پرتوهای α، هر عنصر به دو عنصر قبلی خود تبدیل می‌شود. با نشر β هر عنصر به کاتیون عنصر بعد از خود تبدیل می‌شود. با نشر γ هیچ تغییری در عدد اتمی و یا عدد جرمی صورت نمی‌گیرد.

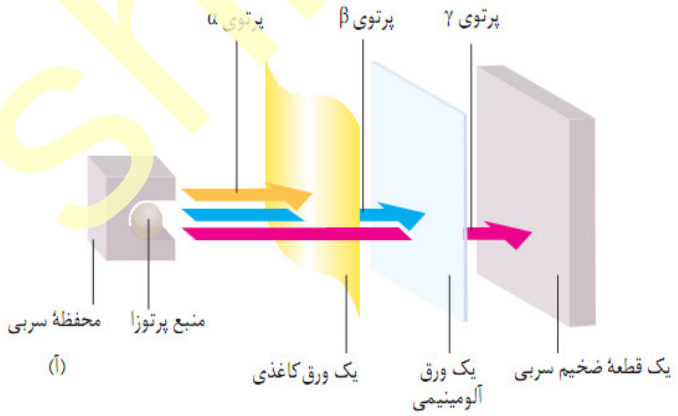
پایداری هسته اتم‌ها به تعداد پرتونها و نوترونهای آن بستگی دارد طوری که هسته‌های سنگین‌تر ناپایدار بوده و پرتوزا می‌باشند؛ به عبارت بهتر اتمهایی که تعداد پروتون ۸۴ و یا بیشتر دارند پرتوزا هستند، اما براساس یک قاعده کلی اگر نسبت پروتون به نوترون ۱/۵ و یا بیشتر باشد عنصر پرتوزا است؛ عناصر پرتوزا در اثر واکنش‌های هسته‌ای متلاشی می‌شوند و به عناصر دیگری تبدیل می‌شوند که طی این فرایند انرژی بسیار زیادی آزاد خواهد شد. به طور خلاصه شرط پرتوزایی:

$$P \geq ۸۴ \quad \text{یا} \quad \frac{N}{P} \geq ۱/۵$$

نفوذ پذیری پرتوها:

ابتدا سوالی را مطرح میکنم. به نظر شما ذرات ریزتر راحت‌تر به جسمی نفوذ می‌کنند یا ذرات بزرگتر؟

اینبوری بپرسم که ذره شیشه‌های بسیار ریز و کوچیک قشنگ‌تر از پوست نفوذ میکنه تا استفوون میره یا قطعات بزرگ شیشه؟



بدیهی است که هر چه ذرات کوچک‌تر باشند میزان نفوذ و عبور ذرات بیشتر است. از آنجایی که γ اصلاً جرمی ندارد پس به راحتی از ورقه کاغذ و ورقه آلومینیومی عبور می‌کند و به زور توسط قطعه ضخیم سربی جذب می‌شود، اما β که جرمی به اندازه جرم الکترون دارد (جرمی نسبتا کم) از ورقه کاغذی عبور می‌کند ولی در ورقه آلومینیومی جذب می‌شود و α چون جرم به نسبت بیشتری دارد (۸۰۰۰ برابر β) حتی از ورقه نازک کاغذ هم نمی‌تواند عبور کند و جذب ورقه کاغذ می‌شود. نتیجه اینکه هر چه جرم پرتوی کمتر باشد قدرت نفوذ آن بالاتر است:

رادرفورد در اجرای این آزمایش منبع پرتوزا را در داخل یک محفظه سربی بسیار ضخیم قرار داد طوری که فقط از یک باریکه، تابش‌ها را بیرون پرتاب می‌کرد چرا که اگر جنس محفظه ضخیم نباشد پرتوها از همه قسمتها بیرون آمده و تمرکز پرتوها روی صفحات کاغذ، آلومینیوم و سربی کمتر خواهد بود؛ در ضمن پرتوهای مواد پرتوزا بسیار خطرناک و سرطان‌زا است و نباید در محیط پخش شود.

Shimi Moalef
www.ShimiPedia.ir

۱- ۱ ۲- ۲ ۳- ۳ ۴- ۴

جواب ۱: با توجه به شکل، پرتوهای (۱) بتا هستند چرا که بیشترین انحراف را دارند. پرتوهای (۳) از جنس آلفا است و پرتوهای (۲) از جنس گاما است.

عبارت اول (نادرست است): بخشی که با شماره (۱) نشان داده شده است بتا می‌باشد در حالیکه رادرفورد ورقه طلا را با آلفا بمباران کرد.

عبارت دوم (درست است): بخش شماره (۲) گاما است و از جنس نور؛ چون الکترومغناطیس است پس جرمی ندارد.

عبارت سوم (نادرست است): بخشی که با شماره (۳) نشان داده شده آلفا است و پرتوهای آلفا حتی از کاغذ هم عبور نمی‌کنند.

عبارت چهارم (نادرست است): بخشی که با شماره (۴) نشان داده شده است چون پرتوهای بتا را جذب کرده است پس صفحه مثبت میدان می‌باشد.

عبارت پنجم (نادرست است): بخش شماره (۳) که هسته اتم هلیم است بار ۲+ دارد در حالی که بخش شماره (۱) از جنس الکترون بار ۱- دارد.

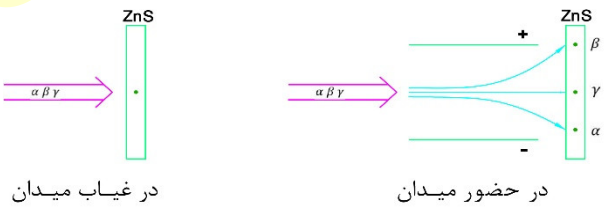
تست ۱۱: کدام گزینه در مورد ذرات پرتوزا نادرست است؟

۱- با خروج پرتوهای گاما از یک اتم جرم اتم تغییر نمی‌کند.
۲- پرتوهای مواد پرتوزا در غیاب میدان مغناطیسی و الکتریکی یک نقطه را روی صفحه فلورسنت روشن می‌کند.
۳- با خروج هر ذره بتا از یک اتم، آن اتم به عنصر بعد از خود تبدیل می‌شود و با خروج هر ذره آلفا از یک اتم آن عنصر در جدول تناوبی ۲ خانه به عدد اتمی‌های کمتر جابجا می‌شود.
۴- ذره‌ای که در میدان الکتریکی بیشترین انحراف را دارد با پرتوهای کاتدی هم جنس است و کمترین میزان نفوذ پذیری را دارد.

جواب ۴: از میان سه موجی که از هسته نشر می‌شود بتا بیشترین انحراف را در میدان الکتریکی از خود نشان می‌دهد (چرا که نسبت بار به جرم کمتری دارد) و از جنس الکترون هم می‌باشد، ولی نفوذ پذیری آلفا کمتر از بتا است.

گزینه ۱: پرتوهای گاما از جنس نور هستند (یکی از ویژگی موج، نداشتن جرم است) با خروج گاما جرم اتم تغییری نمی‌کند.

گزینه ۲: چون در غیاب میدان (الکتریکی و یا مغناطیسی) پرتوها از مسیر خود منحرف نمی‌شود (به عبارت بهتر سه پرتو از هم جدا نمی‌شوند)، بنابراین با هم و مستقیم حرکت می‌کنند و فقط به یک نقطه ماده فلورسنت برخورد می‌کنند.



گزینه ۳: با خروج هر ذره بتا از یک اتم، پروتون یک واحد افزایش می‌یابد و نیز با خروج هر ذره آلفا از اتم، دو واحد از تعداد پروتونها (یعنی عدد اتمی) کاهش می‌یابد و در جدول تناوبی، دو خانه به عددهای اتمی پایین‌تر می‌رسد.

تست ۱۲: در واکنش مقابل x و y کدام است؟ $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{210}_{82}Pb + x\alpha + y\beta$

۱- ۷ و ۲ ۲- ۷ و ۴ ۳- ۵ و ۲ ۴- ۵ و ۴

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

جواب ۲: در چنین سؤالاتی که واکنش هسته‌ای صورت می‌گیرد (پرتوزایی) با موازنه جرم و انرژی مواجه هستیم. چنانچه می‌دانیم پرتوهای آلفا و بتا از جنس انرژی هستند ولی معادل آنها جرم وجود دارد (یک آلفا معادل دو پروتون و دو نوترون است و یک بتا معادل یک الکترون است) بنابراین با قرار دادن معادل آنها ابتدا موازنه عدد جرمی را می‌نویسم و سپس موازنه عدد اتمی را می‌نویسیم.

$$\alpha = {}^{4}_{2}He^{2+} \quad , \quad \beta = {}^{0}_{-1}e$$

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{210}_{82}Pb + x\ {}^{4}_{2}He^{2+} + y\ {}^{0}_{-1}e$$

موازنه جرمی: $x = 7$ $\quad 238 = 210 + 4x$ $\quad$ موازنه عدد اتمی: $y = 4$ $\quad 92 = 82 + 2 \times 7 + y(-1)$

تذکر: در شیمی ۳ خواهیم دید که برای واکنش‌های شیمیایی صرفاً موازنه جرم داریم (که در نظریه دالتون هم بیان شده است) ولی برای واکنش‌های هسته‌ای علاوه بر موازنه جرم باید موازنه انرژی هم بنویسیم (معادل قرار دادن پرتوهای آلفا با هسته اتم هلیم و ... به معنای موازنه جرم و انرژی است).

تست ۱۳: چه تعداد از عبارتهای زیر درست می‌باشد؟

- تامسون با انجام آزمایشهای بسیاری روی برقکافت، سرانجام موفق به اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون شد.
- رادرفورد بعد از تلاش‌های بسیار فهمید تابشی که بکرل پرتوزایی نامگذاری کرده بود خود ترکیبی از سه نوع تابش مختلف است.
- مطالعه گسترده موزلی روی پرتوهای X تولید شده از عنصرهای مختلف زمینه ساز کشف پروتون به عنوان اولین ذره زیر اتمی شد.
- رادرفورد با تقسیم کردن بار الکتریکی پروتون بر بار مثبت هسته‌ای برخی اتم‌ها، به عددهای صحیحی رسید و آن را عدد اتمی نامید.

۱- ۰ $\quad$ ۲- ۱ $\quad$ ۳- ۲ $\quad$ ۴- ۳

جواب ۱:

عبارت اول (نادرست است): تامسون با اجرای آزمایشاتی با لوله پرتوی کاتدی (نه برقکافت. برقکافت از آن فارادی است) سرانجام نسبت بار به جرم الکترون را بدست آورد.

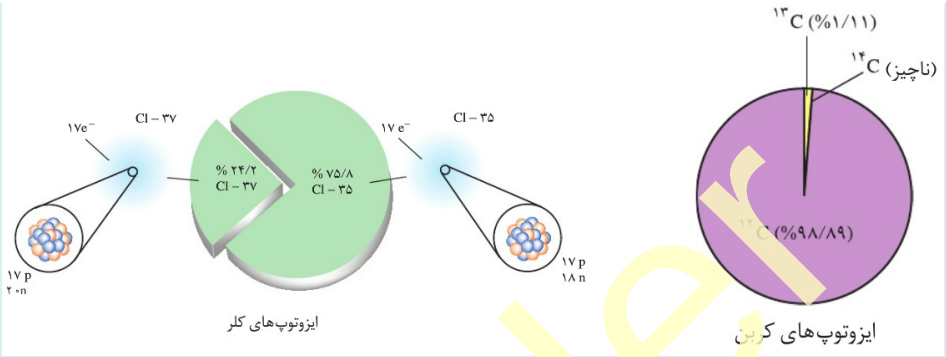
عبارت دوم (نادرست است):پرتوزایی را ماری کوری نامگذاری کرد (نه هانری بکرل)

عبارت سوم (نادرست است): مطالعه گسترده موزلی روی پرتوهای X تولید شده از عنصرهای مختلف زمینه ساز کشف پروتون به عنوان دومین (نه اولین) ذره زیر اتمی شد.

عبارت چهارم (نادرست است): رادرفورد بار الکتریکی هسته اتم‌ها (نه بار الکتریکی پروتون) را بر واحد بار الکتریکی تقسیم کرد و به عددهای صحیح رسید.

تست ۱۴: کدام گزینه در مورد آزمایشات و نتایج رادرفورد نادرست است؟

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir



نکته ۸: ایزوتوپهایی که $\frac{N}{P} \geq 1/5$ و یا $P \geq 84$ داشته باشد پرتوزا هستند.

مثال: شرط پرتوزایی را در مثالهای زیر بررسی کنید:

$^{15}_{7}N$ $^{15}_{6}C$ $^{122}_{51}Sb$ $^{157}_{64}Gd$ $^{226}_{88}Ra$

تذکر: در ایزوتوپهای یک عنصر، ایزوتوپی که سبک‌تر است معمولا فراوانی نسبی بیشتری دارد، چرا که جرم‌های سنگین‌تر رادیواکتیوتر هستند.

نکته ۹: حالا یک جمله بی‌ربط صفحه ۱۲ کتاب درسی: غده تیروئید در جلوی گردن قرار دارد و هورمونهای تیروئیدی T_3 و T_4 را ترشح می‌کنند. این غده برای ساختن این هورمونها مقدار زیادی از ید موجود در مواد غذایی را در خود جمع می‌کند؛ از این رو رادیو ایزوتوپ-۱۳۱ برای تشخیص بیماری‌های غده تیروئید بکار می‌رود.

تذکر: استفاده از نمک یددار برای سالم ماندن غده تیروئید ضروری است.

آب معمولی، آب سنگین، آب رادیواکتیو:

در قسمت قبل دیدیم که هیدروژن دارای سه ایزوتوپ (^1_1H، ^2_1D و ^3_1T)، و همینطور اکسیژن نیز دارای سه ایزوتوپ ($^{16}_{8}O$، $^{17}_{8}O$ و $^{18}_{8}O$) است.

برای مولکول آب اگر از ایزوتوپهای ^1_1H و $^{16}_{8}O$ استفاده شود در اینصورت آب معمولی حاصل می‌شود (H_2O).

برای مولکول آب اگر از ایزوتوپهای ^2_1D و $^{16}_{8}O$ استفاده شود در اینصورت آب سنگین حاصل می‌شود (D_2O).

برای مولکول آب اگر از ایزوتوپهای ^3_1T و $^{16}_{8}O$ استفاده شود در اینصورت آب رادیواکتیو حاصل می‌شود (T_2O).

در ارتباط با این موضوع به نکات زیر توجه کنید:

نکته ۱: در هر سه نوع مولکول آب (معمولی، سنگین و رادیواکتیو) از ایزوتوپ $^{16}_{8}O$ استفاده شده است.

نکته ۲: چون در T_2O از ایزوتوپ تریتیوم استفاده شده است و در ^3_1T نسبت تعداد نوترون به پروتون از ۱/۵ بیشتر است بنابراین T_2O رادیواکتیو است.

نکته ۳: با اینکه جرم T_2O (که برابر ۲۲ می‌باشد) بیشتر از جرم D_2O (که برابر ۲۰ است) می‌باشد ولی در عمل به D_2O آب سنگین می‌گویند، چرا که T_2O پرتوزا است و در طبیعت یافت نمی‌شود.

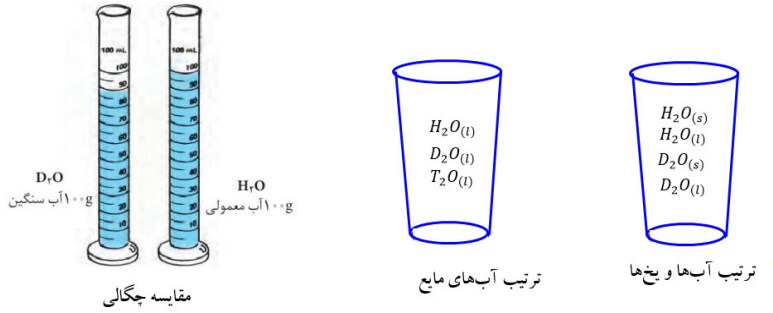
نکته ۴: ترتیب جرم و چگالی H_2O D_2O T_2O است، بنابراین اگر حالتهای مایع هر سه نوع آب را به یک لیوان بریزیم T_2O در پایین و H_2O در بالا قرار می‌گیرد.

نکته ۵: از آنجایی که می‌دانیم آب هنگام یخ زدن اندکی افزایش حجم پیدا می‌کند. به عنوان مثال $H_2O_{(s)}$ بر سطح $H_2O_{(l)}$ قرار می‌گیرد و همینطور $D_2O_{(s)}$ بر روی $D_2O_{(l)}$ شناور است. حال سوال این است $D_2O_{(s)}$ را در داخل $H_2O_{(l)}$ بیاندازیم فرو می‌رود

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

یا خیر؟

$D_2O_{(s)}$ با اینکه در اثر یخ زدن اندکی افزایش حجم پیدا کرده است (یعنی چگالی اندکی کاهش یافته است) اما چون جرم دوتریم بیشتر از جرم پروتیوم است بنابراین در مجموع ایزوتوپ سنگین بودن $D_2O_{(s)}$ (امتیاز مثبت) بر افزایش حجم در اثر یخ زدن (امتیاز منفی) غلبه می‌کند (توجه شود که چگالی $\rho = \frac{m}{V}$ است) بنابراین یخ $D_2O_{(s)}$ در $H_2O_{(l)}$ فرو می‌رود.



نتیجه: چگالی D_2O جامد از H_2O مایع بیشتر است، بنابراین D_2O جامد در H_2O مایع فرو می‌رود.

نکته ۶: با در نظر گرفتن سه نوع ایزوتوپ هیدروژن و سه نوع ایزوتوپ اکسیژن، سنگین‌ترین آب $T_2{}^{18}O$ جرمی برابر ۲۴ دارد و سبک‌ترین آب $H_2{}^{16}O$، جرمی برابر ۱۸ دارد که نسبت جرم سنگین‌ترین آب به جرم سبک‌ترین آب برابر؛ $\frac{۲۴}{۱۸} = \frac{۴}{۳}$ می‌باشد.

تذکر: سنگین‌ترین آب به معنای آب سنگین نیست.

نکته ۷: منظور از جرم هر نوع مولکول آب همان مجموع عددهای جرمی اتم‌های آن مولکول است. به عنوان مثال به جرم مولی‌های زیر دقت کنید: $DT^{18}O: ۲ + ۳ + ۱۸ = ۲۳$ $HT^{17}O: ۱ + ۳ + ۱۷ = ۲۱$

تنوع مولکولها از اتصال ایزوتوپها:

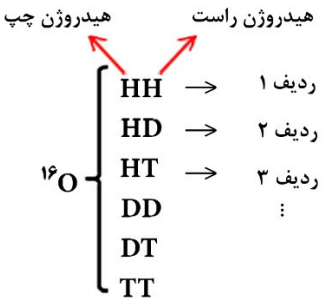
همانطور که دیدیم با توجه به ایزوتوپهای مختلف هیدروژن و اکسیژن، انواع مولکولهای آب (معمولی، سنگین، رادیواکتیو) وجود دارد. حال سوال این است، از تنوع ایزوتوپهای H (سه ایزوتوپ) و O(سه ایزوتوپ) در حالت کلی چند نوع مولکول آب می‌توان انتظار داشت؟

قبل از این موضوع لازم است با یک اصل ریاضی آشنا شویم. بر اساس آنالیز فضای نمونه هرگاه یک سکه و یک تاس را با هم بیاندازیم فضای نمونه به صورت شکل زیر می‌باشد (البته به شرطی که ترتیب مهم نباشد):

(۶،پ) (۵،پ) (۴،پ) (۳،پ) (۲،پ) (۱،پ) (۶،ر) (۵،ر) (۴،ر) (۳،ر) (۲،ر) (۱،ر)

در نوشتن فضای نمونه، یکی را ثابت نگه‌می‌داریم بقیه را به ترتیب تغییر می‌دهیم؛ مثلا (ر) را ثابت نگه‌می‌داریم و اعداد ۱ الی ۶ را می‌نویسیم. بعد (پ) را ثابت نگه می‌داریم دوباره اعداد ۱ الی ۶ را می‌نویسیم تا اینکه کل فضای نمونه حاصل شود.

حال برای مولکولها یکی از ایزوتوپهای اتم مرکزی (اتمی که کمترین تعداد را دارد اتم مرکزی است) را در نظر می‌گیریم و سپس برای اتم‌های کناری فضای نمونه را بر اساس تعداد اتم‌ها می‌نویسیم. به عنوان مثال، با انتخاب ایزوتوپ ^{16}O (به عنوان اتم مرکزی) اصل فضای نمونه به صورت زیر استفاده می‌کنیم:



ابتدا ^{16}O را ثابت نگه می‌داریم و همینطور H سمت چپ را هم ثابت نگه می‌داریم، و نهایتاً از سمت راست یکی یکی ایزوتوپهای هیدروژن را عوض می‌کنیم (تا اینجا سه نوع مولکول آب). حال D سمت چپ را ثابت نگه می‌داریم (در اینصورت ۲ نوع مولکول آب حاصل می‌شود) و نهایتاً T سمت چپ را تثبیت می‌کنیم.

دقت شود که هر ردیف باید تشکیل یک مولکول آب را بدهد هر چند که ایزوتوپهای هیدروژن در هر ردیف متفاوت هستند. بنابراین

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

برای ^{16}O، ۶ نوع مولکول آب می‌توان انتظار داشت. حال اگر ^{17}O و ^{18}O را در نظر بگیریم هر کدام ۶ نوع مولکول آب ایجاد می‌کنند که در مجموع ۱۸ نوع مولکول آب حاصل می‌شود. توجه شود که جرم هر نوع مولکول نیز به صورت زیر می‌باشد؛

^{16}O		^{17}O		^{18}O	
HH	۱۸	HH	۱۹	HH	۲۰
HD	۱۹	HD	۲۰	HD	۲۱
HT	۲۰	HT	۲۱	HT	۲۲
DD	۲۰	DD	۲۱	DD	۲۲
DT	۲۱	DT	۲۲	DT	۲۳
TT	۲۲	TT	۲۳	TT	۲۴

مثال) اگر ۳ نمونه ایزوتوپ هیدروژن و ۳ نمونه ایزوتوپ اکسیژن در اختیار داشته باشیم، چند نمونه مولکول آب با جرم‌های مختلف می‌توان در نظر گرفت؟

بدیهی است که در این حالت فقط جرم‌های متفاوت را در نظر می‌گیریم. از اعداد ۱۸ الی ۲۴ تنها ۷ عدد متفاوت (جرم متفاوت) وجود دارد. برای پیدا کردن ۷ کافی است که از خود ۱۸ الی خود ۲۴ را روی انگشتان دست بشمارید.

نتیجه اینکه در سوالاتی که چند نوع مولکلول را بپرسد برای یکی از ایزوتوپهای اتم مرکزی حالتهای مختلف را می‌نویسیم (مثل ^{16}O که دیدیم) و عدد حاصل را (که در این مورد ۶ بود) به تعداد ایزوتوپهای اتم مرکزی (که در این مورد ۳ بود) ضرب می‌کنیم.

و اما در سوالاتی که چند نوع مولکول با جرم مولی متفاوت، چگالی متفاوت، دمای جوش متفاوت، جرم واحد حجم متفاوت و ... (هر نوع خواص فیزیکی وابسته به جرم) مطرح شود باز برای یکی از ایزوتوپهای اتم مرکزی حالتهای مختلف را می‌نویسیم و بعد عدد جرمی هر ردیف (هر مولکول) را پیدا می‌کنیم. برای ایزوتوپهای دیگر هم اعداد جرمی را پیدا می‌کنیم. با شمارش اعداد جرمی متفاوت، جواب حاصل می‌شود.

تست ۳۳: کدام یک از ذره‌های زیر ایزوتوپ $^{35}_{17}A$ است؟

۱- $^{35}_{17}B$ ۲- $^{37}_{17}C$ ۳- $^{35}_{18}D$ ۴- $^{37}_{18}E$

جواب ۲: ایزوتوپ $^{35}_{17}A$ باید عدد اتمی ۱۷ داشته باشد و عدد جرمی غیر از ۳۵ داشته باشد که در گزینه ۲ سازگار است. توجه شود که اتم $^{35}_{17}B$ خود اتم $^{35}_{17}A$ است.

تست ۳۴: کدامیک از ایزوتوپها در میدان الکتریکی بیشتر منحرف می‌شود.

۱- $^{118}_{50}M^{2+}$ ۲- $^{120}_{50}M^{2+}$ ۳- $^{118}_{50}M^{4+}$ ۴- $^{120}_{50}M^{4+}$

جواب ۳: هر چقدر عدد جرمی کمتر و بار یون بیشتر باشد میزان انحراف ذره در میدان الکتریکی بیشتر خواهد بود.

تست ۳۵: کدام گزینه درست است؟

۱- اتمهایی که عدد جرمی متفاوتی دارند نسبت به هم ایزوتوپ هستند.
۲- تمام خواص فیزیکی ایزوتوپها نسبت به هم متفاوت است.
۳- در ترکیب‌های شیمیایی دو مولکول HDO و TDO برخی خواص فیزیکی دو مولکول متفاوت است.
۴- هر ذره آلفا معادل مولکول HD جرم دارد.

جواب ۳: توجه شود که HDO و TDO هر دو مولکول آب هستند. وقتی که دو مولکول از اتمهایی با عنصرهای یکسان ولی ایزوتوپ‌های متفاوت تشکیل شده باشد چون جرم مولی مولکولها متفاوت است خواص فیزیکی وابسته به جرم دو مولکول از جمله

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

چگالی، دمای ذوب و جوش و ... برای دو مولکول متفاوت خواهد بود؛ اما توجه شود که فقط خواص فیزیکی وابسته به جرم متفاوت است.

گزینه ۱: متفاوت بودن عدد جرمی شرط لازم ایزوتوپ بودن است نه شرط کافی، چرا که در آن صورت تمامی عناصر جدول تناوبی که عدد جرمی متفاوتی نسبت به هم دارند باید نسبت به هم ایزوتوپ می‌بودند که اینگونه نیست.

گزینه ۲: در ایزوتوپ‌ها خواص فیزیکی وابسته به جرم متفاوت است نه تمامی خواص فیزیکی. به عنوان مثال رنگ هم جزء خواص فیزیکی است ولی رنگ آب معمولی و آب سنگین یکسان است.

گزینه ۴: هر ذره آلفا معادل هسته اتم هلیم است ($_{2}^{4}He^{2+}$) است که عدد جرمی ۴ دارد ولی مولکول HD هم عدد جرمی ۳ دارد.

تست ۳۶: کدام یک از موارد زیر درست است؟

آ) به پروتون یا نوترون نوکلئون یا ذره سازنده اتم می گویند.

ب) با استفاده از دستگاه طیف سنج جرمی می‌توان جرم عناصر را به طور دقیق پیدا کرد ولی ترازوهای دقیق دیجیتالی جرم اتمها را به صورت تقریبی می‌دهند.

پ) در طبیعت به ازای ۴ اتم کلر ۳۵- یک اتم کلر ۳۷- وجود دارد.

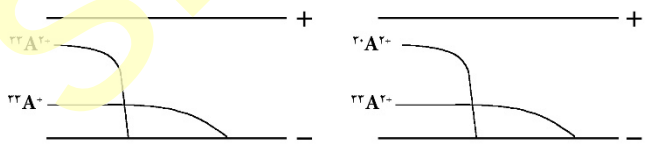
ت) چون جرم پروتون با جرم نوترون تقریباً برابر است بنابراین عدد جرمی با جرم اتمی تقریباً برابر است.

۱- آ، ب ۲- ب،پ ۳- ب، ت ۴- پ،ت

جواب ۳:

تحلیل آ (نادرست است): به پروتون یا نوترون نوکلئون یا ذره سازنده هسته اتم (نه خود اتم) می‌گویند.

تحلیل ب (درست است): دستگاه طیف سنج جرمی بر اساس نسبت بار به جرم عناصر در میدان الکتریکی به نقاط خاصی برخورد می‌کنند و چون دستگاه طیف سنج بر اساس جرم درجه بندی شده است بنابراین جرم عناصری که به یونشان تبدیل شدند به راحتی و به طور دقیق قابل تعیین است، در حالی که دقیق‌ترین ترازوها هم جرم اتم‌ها را با تقریب وزن می‌کنند.



تحلیل پ (نادرست است): در طبیعت به ازای سه (نه ۴) اتم ^{35}Cl یک اتم ^{37}Cl وجود دارد.

تحلیل ت (درست است): با توجه به صفحه ۱۳ کتاب درسی درست است.

تست ۳۷: کدامیک از اتم‌های زیر، تحت هیچ شرایطی نمی‌تواند پرتوی آلفا از خود ساطع کند؟

۱- $^{23}_{9}A$ ۲- ^{8}B ۳- ^{3}C ۴- $^{223}_{81}D$

جواب ۳: توجه شود که هر ۴ گزینه پرتوزا است (در گزینه اول Z≥۸۴ و در بقیه گزینه‌ها $\frac{N}{P} \geq 1/5$ است)، اما برای نشر یک پرتوی آلفا حداقل به دو پروتون و دو نوترون نیاز است، چرا که جنس آلفا از هسته اتم هلیم است که در گزینه ۳ صدق نمی‌کند.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

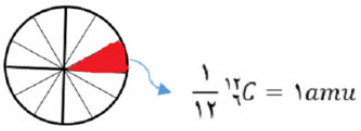
برابر کربن است (از تقسیم ^{16}O به ^{12}C حاصل می‌شود $\frac{16}{12}=1/33$) و یا جرم اتمی کلسیم ۲/۵ برابر اکسیژن است (از تقسیم ^{40}Ca به ^{16}O حاصل می‌شود $\frac{40}{16}=2/5$).

استفاده از این نسبت‌ها در محاسبات آزمایشگاهی کاری بس دشوار بود، از این رو شیمیدانان با قرار دادن جرم خاصی از یک عنصر (مقداری از یک اتم خاص) به عنوان مبنا جرم عناصر دیگر را از روی این مبنا بدست آوردند.

$\frac{1}{12}$ فراوانترین عنصر کربن (که همان کربن – ۱۲ است، یعنی ۶ پروتون و ۶ نوترون در هسته دارد) به عنوان مبنا انتخاب شد و واحد جرم اتمی (یعنی atomic mass unit) نامیده شد که به صورت مخفف با amu نشان داده می‌شود.

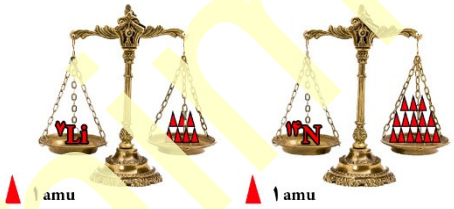
به عبارت بهتر برای جرم اتمی، که به عنوان یک کمیت است یکایی به نام amu معرفی کردند.

حال اگر یک اتم کربن-۱۲ داشته باشیم و این اتم را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم کنیم به هریک از این قسمتها ۱amu می‌گویند، پس یک کربن-۱۲ خودش برابر ۱۲ amu است.



با توجه به اینکه $^{12}_{6}C$ دارای ۶ پروتون و ۶ نوترون است و چون جرم نوترون با پروتون هم تقریبا برابر است و جرم الکترونها هم ناچیز است بنابراین هر پروتون و هر نوترون تقریبا به اندازه ۱amu جرم دارد. حال برای اندازه‌گیری جرم اتم $^{7}_{3}Li$، اگر یک اتم لیتیم در کفه ترازو قرار بدهیم در کفه دیگر ترازو باید ۷ تا amu گذاشته شود، چرا که لیتیم مجموعا دارای ۷ پروتون و نوترون است.

و یا اگر بخواهیم جرم اتم $^{14}_{7}N$ را اندازه‌گیری کنیم اگر در یک کفه ترازو یک اتم نیتروژن $^{14}_{7}N$ قرار بدهیم در کفه دیگر باید ۱۴ amu بگذاریم. محتویات اتم $^{14}_{7}N$ به صورت زیر است؛ $^{14}_{7}N$: 7p+7N+7e



جرم و بار ذرات زیر اتمی به صورت جدول زیر است:

نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم	
			amu	g
الکترون	$^{0}_{-1}e$	-۱	۰/۰۰۰۵	$۹/۱۰۹\times۱۰^{-۲۸}$
پروتون	$^{1}_{+1}p$	+۱	۱/۰۰۷۳	$۱/۶۷۳\times۱۰^{-۲۴}$
نوترون	$^{1}_{0}n$	۰	۱/۰۰۸۷	$۱/۶۷۵\times۱۰^{-۲۴}$

یادآوری می‌شود که در شیمی برای بیان بار نسبی اتمها، بار الکترون (۱-) را به عنوان مبنا در نظر می‌گیرند و برای بیان جرم نسبی اتمها جرم ۱ پروتون یا ۱ نوترون (که تقریباً برابر ۱ amu است) به عنوان مبنا قرار داده می‌شود.

چنانچه می‌دانیم جرم ۲۰۰۰ الکترون تقریبا به اندازه یک پروتون است، و نیز می‌دانیم که هر α هسته یک اتم هلیم است که عدد جرمی ۴ دارد که $\frac{1}{4}\alpha$ برابر ۱ پروتون می‌شود، بنابراین در حالت کلی داریم؛

$$1amu=\frac{1}{12}{}^{12}_{6}C=1/661\times10^{-24}\ gr \quad 1p \quad 1N \quad 2000e \quad \frac{1}{4}\alpha \quad \frac{1}{3}{}^{3}_{1}T=\dots$$

چنانچه مشاهده می‌شود در برابری‌های بالا به جای علامت مساوی = از علامت تقریبا مساوی ≈ استفاده شده است، چرا که جرم یک نوترون اندکی بیشتر از جرم پروتون است و جرم یک پروتون هم اندکی از جرم ۱ amu بیشتر است $1N > 1p > 1\ amu$.

اما مشکل اساسی که وجود دارد این است که، حتی جرم ۱ amu هم عدد بسیار بسیار کوچکی است. به عبارت بهتر چون جرم

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

به عنوان مثال جرم اتمی $^{23}_{11}Na$، برابر ۲۳amu به ازای یک اتم است که بسیار بسیار ریز و غیر قابل درک است، در حالی که جرم مولی (جرم $۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}$ تعداد سدیم) $^{23}_{11}Na$ برابر ۲۳ gr به ازای یک مول است. *۲۳ گرم تقریبا به اندازه یک نفود است.*

تذکر مهم: عدد جرمی تقریباً همان جرم اتم بر حسب amu می‌باشد.

جمع بندی هر آنچه که دیدیم با مثال $^{23}_{11}Na$:

عدد جرمی: مجموع تعداد پروتونها و نوترونهای یک اتم؛ عدد جرمی یک اتم سدیم ۲۳ است؛ همواره اعداد صحیح، قابل لمس.

جرم اتمی: مجموع جرم پروتونها و نوترونها و الکترونهای یک اتم؛ جرم یک اتم سدیم amu ۲۳ است؛ معمولا اعشاری، غیر قابل لمس.

جرم مولی: مجموع جرم پروتونها و نوترونها و الکترونهای یک مول اتم،جرم یک مول اتم سدیم ۲۳gr است، معمولا اعشاری، قابل لمس

تذکر: هر سه تعریف، از نظر مقدار عددی، با هم برابر است ولی مفهوم متفاوتی دارند.

جرم اتمی متوسط

همانطور که در قسمت قبلی دیدیم بسیاری از عناصر، ایزوتوپ‌های مختلف با فراوانی متفاوت در طبیعت دارند بنابراین جرم اتمی، میانگینی از ایزوتوپها با در نظر گرفتن فراوانی آنها می‌باشد.

حالا به یک مثال میانگین گرفتن توجه کنید: فرض کنید دانش آموز رشته تجربی در دروس اختصاصی نمرات زیر را دارد و هر درس برای خود واحد مشخصی هم دارد.

ریاضی	شیمی	فیزیک	زیست	درس
۱۷	۱۵	۱۶	۱۹	نمره (M معادل جرم)
۱	۳	۲	۴	واحد (F معادل فراوانی)

معدل این دانش آموز در دروس اختصاصی، برابر است با:

$$\text{میانگین} = \frac{۱۹ \times ۴ + ۱۶ \times ۲ + ۱۵ \times ۳ + ۱۷ \times ۱}{۴ + ۲ + ۳ + ۱} = ۱۷$$

در محاسبه جرم اتمی میانگین عناصر، جرم هر ایزوتوپ همانند نمره (M) است و فراوانی هر ایزوتوپ همانند تعداد واحد (F) می‌باشد:

$$\text{جرم‌اتمی‌میانگین} = \frac{M_۱ \times F_۱ + M_۲ \times F_۲ + M_۳ \times F_۳ +}{F_۱ + F_۲ + F_۳ +}$$

تذکر: فراوانی ایزوتوپ‌ها را می‌توان به شکل‌های مختلف بیان کرد، جهت درک این موضوع فرض کنید در یک کلاس دانشگاهی ۷ آقا و ۳ خانم وجود داشته باشد، در هر مورد رابطه جرم اتمی و فراوانی دقت شود:

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

	آقا	خانم	جرم اتمی میانگین
فراوانی (تعداد) F	۷	۳	$\frac{M_۱ \times F_۱ + M_۲ \times F_۲ +}{F_۱ + F_۲ +}$
فراوانی نسبی f	۰/۷	۰/۳	$\frac{M_۱ \times f_۱ + M_۲ \times f_۲ +}{۱}$
درصد فراوانی	۷۰	۳۰	$\frac{M_۱ \times F_۱ + M_۲ \times F_۲ +}{۱۰۰}$
نسبت فراوانی آقا به خانم	$\frac{۷}{۳}$		$\frac{M_۱ \times F_۱ + M_۲ \times F_۲ +}{\text{مجموع مخرج وصورت}}$
نسبت فراوانی خانم به آقا	$\frac{۳}{۷}$		

در تستها حالتهای مختلف بیان فراوانی ایزوتوپها را خواهیم دید. توصیه می‌شود که هیچ یک از روابط بالا را حفظ نکنید؛ هدف از این جدول فقط یادگیری روشهای بیان فراوانی است. برای بیان هر نوع فراوانی می‌توانید از شکل، نمودار و یا اعداد استفاده کنند.

روش منحصر به فرد ۱: محاسبه جرم اتمی میانگین به روش سریع

روش حرفه‌ای برای جرم میانگین: در محاسبه جرم اتمی میانگین از روش سرعتی زیر استفاده کنید:

$$\text{جرم‌اتمی‌میانگین} = M_{\text{کوچک‌ترین}} + \text{اختلاف با مبنا} \times \text{فراوانی نسبی} + \text{اختلاف با مبنا} \times \text{فراوانی نسبی} +$$

توجه شود که $M_۱$ کمترین جرم، به عنوان مبنا است. حال در معدل نمرات دانش آموز، اگر ۱۵ را (کمترین نمره) به عنوان مبنا انتخاب شود، داریم؛

$$\text{معدل} = ۱۵ + ۱ \times ۰/۲ + ۲ \times ۰/۱ + ۴ \times ۰/۴ = ۱۷$$

فراوانی نسبی (فیزیک) — فراوانی نسبی (ریاضی) — فراوانی نسبی (زیست) — اختلاف با ۱۵ — کمترین نمره(شیمی)

توجه: اگر بزرگترین داده را به عنوان مبنا قرار دهید میانگین نمرات از بزرگترین داده کمتر است؛ یعنی:

$$\text{جرم‌اتمی‌میانگین} = M_{\text{بزرگترین}} - \text{اختلاف با مبنا} \times \text{فراوانی نسبی} - \text{اختلاف با مبنا} \times \text{فراوانی نسبی}$$

$$\text{معدل} = ۱۹ - ۲ \times ۰/۱ - ۳ \times ۰/۲ - ۴ \times ۰/۳ = ۱۷$$

اختلاف با ۱۹ — فراوانی نسبی (ریاضی) — فراوانی نسبی (فیزیک) — بزرگترین نمره (زیست) — فراوانی نسبی (شیمی)

توصیه می‌شود که کوچکترین داده را به عنوان مبنا قرار بدهید، مگر اینکه مجبور باشید. توجه شود که وقتی داده‌ای به عنوان مبنا قرار می‌گیرد فراوانی نسبی آن در محاسبات دخیل نخواهد بود.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

تست ٥٦: در یک نمونه ۶۰ مول از اتم X که متشکل از ۳ ایزوتوپ می‌باشد وجود دارد و X^{3+} دارای ۴۲ الکترون است و مشخصات ایزوتوپها به صورت زیر است:

ایزوتوپ اول: اختلاف پروتون با نوترون ۵ است و ۳۰ مول از این ایزوتوپ وجود دارد.

ایزوتوپ دوم: اختلاف الکترون با نوترون در عنصر X برابر ۷ می‌باشد و ۲۰ مول از این ایزوتوپ وجود دارد.

ایزوتوپ سوم: تعداد پروتون این عنصر ۰/۸۳۴ برابر تعداد نوترون آن است.

جرم مولی میانگین عنصر X چقدر است؟

۱- ۹۵/۷ ۲- ۹۶/۱ ۳- ۹۶/۳ ۴- ۹۶/۲

جواب ۳: از آنجایی که X^{3+} دارای ۴۲ الکترون است، پس تعداد پروتون ۴۵ می‌باشد. حال با توجه به اطلاعات سوال، مشخصات هر ایزوتوپ به صورت زیر است؛

	فراوانی نسبی	جرم	نوترونها	رابطه
ایزوتوپ اول	$\frac{1}{2}$	۹۵	۵۰	$N \quad P = 5$
ایزوتوپ دوم	$\frac{1}{3}$	۹۷	۵۲	$N \quad e = 7$
ایزوتوپ سوم	$\frac{1}{6}$	۹۹	۵۴	$\frac{N}{P} = 0/834$

تا اینجا هدف درک حل مسئله بود. حال با قرار دادن کوچکترین جرم به عنوان مبنا داریم:

$$95 + \left(2 \times \frac{1}{3}\right) + \left(4 \times \frac{1}{6}\right) = 96/3$$

تذکر: در ایزوتوپ دوم، چون عنصر X گفته است پس اتم خنثی است و اختلاف نوترون با الکترون، همان اختلاف نوترون با پروتون است.

تست ٥٧: عنصر A با عدد اتمی ۳۷ دارای ایزوتوپ‌های اول، دوم و سوم که به ترتیب A^{2+}، A^{4+} و A^{6+} می‌باشد. اگر اختلاف پروتون‌ها با نوترون‌ها در هر ایزوتوپ، برابر بار آنها باشد و فراوانی نسبی ایزوتوپ‌های اول و سوم با هم برابر و فراوانی ایزوتوپ دوم دو برابر ایزوتوپهای دیگر باشد، جرم اتمی میانگین A چقدر است؟

۱- ۷۶/۵ ۲- ۷۸ ۳- ۷۸/۵ ۴- ۷۹

جواب ۲: برای هر ایزوتوپ، P N را می‌نویسیم. فراوانی نسبی ایزوتوپهای اول، دوم و سوم را به ترتیب x، y، z در نظر می‌گیریم، $x + y + z = 1$ و نیز $x = z$ و $y = 2x$ که از این معادلات داریم $4x = 1 \rightarrow x = 0/25$

Shimi Moeir
www.ShimiPedia.ir

	رابطه		نوترونها	جرم	فراوانی نسبی
ایزوتوپ اول	N	$P=۲$	۳۹	۷۶	$\frac{۱}{۴}$
ایزوتوپ دوم	N	$P=۴$	۴۱	۷۸	$\frac{۱}{۲}$
ایزوتوپ سوم	N	$P=۶$	۴۳	۸۰	$\frac{۱}{۴}$

$$M = ۷۶ + ۲ \times \frac{۱}{۲} + ۴ \times \frac{۱}{۴} = ۷۸$$

تست ۵۸: یک مول گاز کلر شامل ۲۰ درصد جرمی $^{۳۵}_{۱۷}Cl$ و ۸۰ درصد جرمی $^{۳۷}_{۱۷}Cl$ است. چگالی این گاز در شرایطی که حجم مولی گازها برابر $۳۰L$ باشد، چند $g.L^{-۱}$ است؟ (عدد جرمی را به تقریب، برابر اتم گرم هر ایزوتوپ در نظر بگیرید) (تجربی ۹۵ داخل)

۱) ۱/۱۸ ۲) ۱/۲۲ ۳) ۱/۳۵ ۴) ۱/۴۸

جواب ۲: می‌دانیم که چگالی نسبت جرم به حجم می‌باشد، اگر جرم میانگین (جرم مولی) به حجم مولی (حجم یک مول) تقسیم کنیم چگالی حاصل می‌شود، ابتدا لازم است جرم میانگین را پیدا کنیم.

تذکر: در پیدا کردن جرم اتمی میانگین، فراوانی نسبی هر ایزوتوپ همان درصد جرمی هر ایزوتوپ است.

$$\text{جرم اتمی میانگین} = ۳۵ + ۲ \times ۰/۸ = ۳۶/۶$$

حال از روی تعریف چگالی داریم: $d = \frac{m}{V} = \frac{۳۶/۶}{۳۰} = ۱/۲۲$

تست ۵۹: چند الکترون در اثر مالش باید از سطح یک کرهٔ پلاستیکی جدا شود تا تغییر وزن آن با یک ترازوی با حساسیت ۰/۱ میلی گرم، قابل اندازه‌گیری باشد و این تعداد الکترون به تقریب چند کولن بار الکتریکی دارد؟ (جرم الکترون حدود $۹ \times ۱۰^{-۲۸} g$ و بار الکتریکی آن $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ است) (ریاضی ۹۵ داخل)

۱) $۱/۷۸ \times ۱۰^{۳}, ۳/۰۱۱ \times ۱۰^{۲۲}$ ۲) $۱/۶۶ \times ۱۰^{۴}, ۱/۱۱ \times ۱۰^{۲۳}$
۳) $۱/۶۴۸ \times ۱۰^{۳}, ۳/۰۱۱ \times ۱۰^{۲۲}$ ۴) $۱/۷۸ \times ۱۰^{۴}, ۱/۱۱ \times ۱۰^{۲۳}$

جواب ۴: از صورت سؤال متوجه می‌شویم که هر الکترون ۹×۱۰^{-۲۸} گرم جرم دارد، حال چه تعداد الکترون انتخاب کنیم که جرم آن معادل $۱۰^{-۴}$ گرم (۰/۱ میلی‌گرم) باشد:

هر الکترون ۱	$۹ \times ۱۰^{-۲۸} gr$
تعداد الکترون ؟	$۱۰^{-۴} gr$

$$\rightarrow ? = \frac{۱۰^{-۴}}{۲۹ \times ۱۰^{-۲۸}} = \frac{۱}{۹} \times ۱۰^{۲۴} = ۱/۱ \times ۱۰^{۲۳}$$

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

بدیهی است که $\frac{۱}{۹}$ از ۰/۱ بیشتر است یعنی ۰/۱۱ می‌شود.

جهت پیدا کردن میزان بار الکتریکی این تعداد الکترون یک تناسب دیگر می‌بندیم:

۱ هر الکترون	$۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$
$۱/۱\times۱۰^{۲۳}$ تعداد الکترون	$?C$

$$\rightarrow ?=۱/۱\times۱۰^{۲۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۱/۷۶\times۱۰^{۴}$$

با توجه به گزینه‌ها و بدون انجام ضرب هم بدیهی است که جواب از ۱/۶ بیشتر است یعنی گزینه ۲ نمی‌تواند درست باشد.

تست ۶۰: با توجه به داده‌های جدول زیر، جرم مولکولی ترکیب $A_۲X_۳$ چند amu است؟ (عدد جرمی را برابر جرم اتمی با یکای amu در نظر بگیرید). (ریاضی ۹۵ خارج)

ایزوتوپ	^{۴۵}A	^{۴۷}A	^{۳۵}X	^{۳۷}X
درصد فراوانی	۱۰	۹۰	۲۰	۸۰

۱- ۲۱۳/۶ ۲- ۲۰۳/۴ ۳- ۱۹۸/۵ ۴- ۱۸۸/۷

جواب ۲: ابتدا جرم اتمی میانگین A X را پیدا می‌کنیم و سپس جرم مولکولی $A_۲X_۳$ را حساب می‌کنیم:

جرم اتمی میانگین X و A
$$\begin{cases} A: ۴۵+۲\times۰/۹=۴۶/۸ \\ X: ۳۵+۲\times۰/۸=۳۶/۶ \end{cases}$$

حال جرم مولی $A_۲X_۳$ داریم:
$$۲\times۴۶/۸+۳\times۳۶/۶=۲۰۳/۴$$

تست ۶۱: عنصر A دارای سه ایزوتوپ ^{۸۴}A، ^{۸۶}A و ^{۸۸}A است. اگر درصد فراوانی سبک‌ترین ایزوتوپ آن ۲۰٪ و جرم اتمی میانگین A برابر ۸۶/۴ باشد، درصد فراوانی دو ایزوتوپ دیگر به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ (عدد جرمی را به تقریب معادل جرم یک مول از هر ایزوتوپ در نظر بگیرید). (تجربی ۹۵ خارج)

۱- ۲۰ و ۶۰ ۲- ۴۰ و ۴۰ ۳- ۵۰ و ۳۰ ۴- ۶۰ و ۲۰

جواب ۲: با استفاده از روش حرفه‌ای جرم اتمی میانگین داریم، (فراوانی نسبی ایزوتوپ دوم و سوم را به ترتیب x و y در نظر گرفتیم):

$$۸۶/۴=۸۴+۲x+۴y\rightarrow ۲x+۴y=۲/۴\rightarrow x+۲y=۱/۲$$

از طرفی مجموع فراوانی نسبی برابر ۱ است: $۰/۲+x+y=۱\rightarrow x+y=۰/۸$

$$\begin{cases} x+۲y=۱/۲ \\ x+y=۰/۸ \end{cases}\rightarrow y=۰/۴, x=۰/۴$$

حال با حل معادله دو مجهولی:

www.ShimiPedia.ir

تست ۶۲: اگر جرم پروتون ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون، جرم نوترون ۱۸۵۰ برابر جرم الکترون و جرم الکترون ۰/۰۰۰۵۴ amu در نظر گرفته شود جرم تقریبی یک اتم تریتیم برابر چند گرم خواهد بود؟ ($1amu=1/66\times10^{-24}gr$) (ریاضی داخل ۹۳)

۱- $4/96\times10^{-24}$ ۲- $9/112\times10^{-24}$ ۳- $4/34\times10^{-22}$ ۴- $9/815\times10^{-22}$

جواب ۱: از همان ابتدا الکترونها را کنار می‌گذاریم (چرا که جرم بسیار ناچیزی دارند). یک اتم تریتیم دارای یک پروتون و ۲ نوترون است که در مجموع برابر ۳ amu می‌شود.

$$3amu\times\frac{1/66\times10^{-24}gr}{1amu}=4/96\times10^{-24}$$

تست ۶۳: عنصر $_{18}X$ با جرم اتمی میانگین ۳۶/۸ 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 در نظر بگیرید) (تجربی خارج ۹۰)

۱- ۲۱ ۲- ۲۲ ۳- ۲۳ ۴- ۲۴

جواب ۲: با توجه به صوت سوال و اینکه $Z=18$ است اطلاعات زیر قابل درک است. (با توجه به گزینه‌ها بدیهی است که داده مجهول بیشترین داده است، چرا که همه گزینه‌ها بیشتر از ۲۰ است).

	نوترونها	جرم	فراوانی نسبی
ایزوتوپ اول	۱۸	۳۶	۰/۷
ایزوتوپ دوم	۲۰	۳۸	۰/۲
ایزوتوپ سوم	؟	؟	۰/۱

$$36/8=36+2\times0/2+?\times0/1\rightarrow?=4$$

یعنی اختلاف ایزوتوپ سنگین با مبنا ۴ واحد است، چون مبنا ۱۸ نوترون دارد. پس ایزوتوپ سنگین ۲۲ نوترون خواهد داشت.

تست ۶۴: اگر جرم الکترون با تقریب برابر $\frac{1}{2000}$ جرم هر یک از ذره‌های پروتون و نوترون فرض شود، نسبت جرم الکترون‌ها در اتم $_{Z}^{2Z}A$ به جرم این اتم به کدام کسر نزدیک‌تر است؟ (تجربی داخل ۸۹)

۱- $\frac{1}{1000}$ ۲- $\frac{1}{2000}$ ۳- $\frac{1}{4000}$ ۴- $\frac{1}{8000}$

جواب ۳: اتم $_{Z}^{2Z}A$ دارای Z الکترون و Z پروتون است و جرم اتم، همان عدد جرمی آن است. چون جرم هر پروتون هم ۲۰۰۰ برابر جرم هر الکترون است، داریم؛

$$\frac{Z}{2Z\times2000}=\frac{1}{4000}$$

Shimi Moein
www.ShimiPedia.ir

۱-۵- مدارهای الکترونی (محل قرارگیری الکترونها)

در مباحث قبلی، وجود خواص فلورسانس و فسفرسانس (در اثر جذب نوری با طول موج کوتاه‌تر)، ملتهب شدن گاز رقیق درون لوله پرتوی کاتدی (در اثر برخورد جریان الکترونها)، سبز شدن ماده ZnS مقابل (در اثر برخورد پرتوهای کاتدی)، تلاش هانری بکرل در تولید پرتوهای X (در اثر تاباندن نور خورشید)، درخشش حلقه پوشیده از روی سولفید (در اثر بمباران ورقه طلا با پرتوی α) و ... که در همه این موارد در اثر اعمال انرژی به الکترون اتمها، الکترونها به مدارهای بالاتر برانگیخته می‌شوند، با بازگشت الکترون از حالت برانگیخته به حالت پایه، رنگ درخشش خاصی حاصل می‌شود، این موضوعات به ایده رابرت بونزن و مدل اتمی بور ارتباط دارد.

می‌دانیم که رادرفورد هیچ اطلاعاتی در مورد نحوه قرار گرفتن الکترونها در اطراف هسته ارائه نکرد ولی دانشمندان با انجام آزمایشات روی عناصر مختلف نشان دادند که رنگ درخشش (از جمله رنگ شعله) عناصر نسبت به هم متفاوت است که مدل رادرفورد در توجیه این موضوع نارسا بوده است.

۱-۵-۱- مدل اتمی سیاره‌ای (مدل بور): جهت ارائه این مدل دانشمندان زیر نقش داشتند

ایده	خدمات	مدل
رابرت بونزن	آنگسترم، نیوتن	بور

آتش بازی و امواج الکترومغناطیس:

استفاده از مواد شیمیایی برای تولید مواد منفجره هنری باستانی است. چینی‌ها از جمله نخستین مردمانی بودند که بیش از هزار سال پیش باروت سیاه را تهیه کرده و در موارد صلح جویانه (جهت ایجاد صدای بلند در جشن‌ها و ...) استفاده می‌کردند.

تذکر مهم: باروت سیاه مخلوطی از پتاسیم نیترات (KNO_3)، گرد زغال (C) و گوگرد (S) می‌باشد.

با افزودن براده‌های آهن به باروت سیاه، جرقه‌های آتش به رنگ نارنجی می‌درخشد، اما با پیشرفت شگرف دانش شیمی مواد تازه‌ای به آتش بازی راه یافتند.

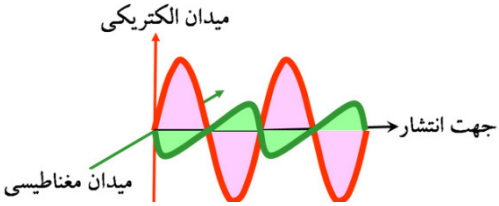
نمکهای استرانسیم رنگهای زیبا و گرد منیزیم و آلومینیوم، نور سفید خیره کننده‌ای به جرقه‌های آتش می‌بخشیدند. در اثر انفجار باروت سیاه، انرژی تولید شده، الکترونهای اتمهای آهن را به ترازهای بالاتر برانگیخته می‌کند و در اثر بازگشت الکترون به حالت پایه، نور نارنجی تولید می‌شود.

سوال: در اثر آزاد شدن انرژی باروت سیاه، الکترونهای اتمهای گوگرد، کربن، پتاسیم و ... (که از محتویات باروت سیاه هستند) برانگیخته نمی‌شوند؟

جواب: الکترونهای تمام اتمها در اثر دریافت انرژی می‌توانند برانگیخته شوند اما الزاماً همه امواجی که نشر می‌شود در ناحیه نور مرئی قرار نمی‌گیرد؛ به عنوان مثال شاید بتوان گفت نور نشری گوگرد، کربن، پتاسیم ... در ناحیه مرئی نور مناسبی تولید نمی‌کنند.

www.ShimiPedia.ir

جهت درک بهتر این موضوع، امواج الکترومغناطیس را بررسی می‌کنیم. از فیزیک الکتریسیته یاد گرفتیم که هر ذره بارداری در اطراف خود دارای میدان الکتریکی است و نیز از الکترومغناطیس یاد گرفتیم که هر ذره باردار متحرکی (مثل الکترون متحرک) در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند که عمود بر میدان الکتریکی همان ذره می‌باشد و به صورت موج حرکت می‌کند. به این میدان مغناطیسی که ناشی از حرکت ذرات باردار است امواج الکترومغناطیسی می‌گویند.

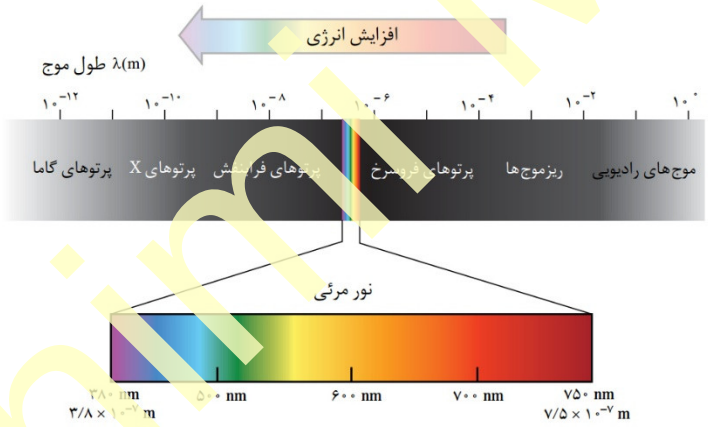


امواج الکترومغناطیسی طیفی پیوسته است که تفاوت آنها در طول موج و انرژی آنها می‌باشد.

طول موج: فاصله بین دو دره متوالی یا دو قله متوالی هر موجی را می‌گویند.

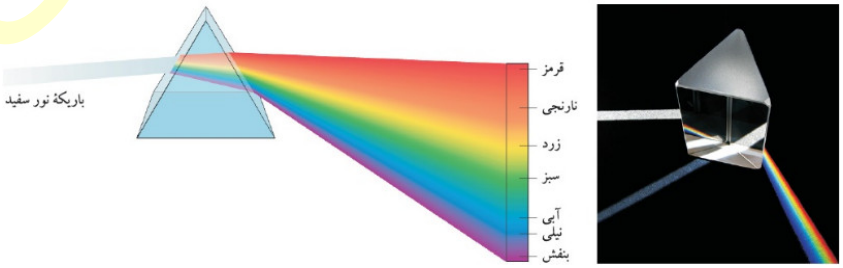
طیف امواج الکترمغناطیس از امواج رادیویی با طول موج ۱ متر (کمترین انرژی) تا گاما با طول موج 10^{-12} متر (بیشترین انرژی) به صورت زیر می‌باشد.

همانطور که مشاهده می‌شود نور مرئی، تنها بخش کوچکی از طیف امواج الکترومغناطیس را شامل می‌شود؛ به عبارت بهتر آن دسته از امواج الکترومغناطیسی با چشم انسان قابل مشاهده است که طول موج آنها از ۷۵۰ نانومتر تا ۳۸۰ نانومتر باشد (بقیه موج‌ها از دید انسان بی‌رنگ و نامرئی است) در ناحیه مرئی، هر موجی نور رنگ مخصوص به خود را دارد که به ترتیب از راست به چپ: قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش است (مخفف کلمه قنزسانب است). توجه شود که در ناحیه مرئی طیف الکترومغناطیس، قرمز بیشترین طول موج و بنفش کمترین طول موج را دارد.



نور سفید و منشور نیوتن:

در سال ۱۶۶۶ نیوتن اولین بار اعلام کرد که نور مرئی (محدوده طول موج ۳۸۰ الی ۷۵۰ نانومتر) به هنگام عبور از منشور شکافته می‌شود و به صورت طیف پیوسته شبیه رنگین کمان، رنگهای مختلف (قنزسانب) کنار هم ظاهر می‌شوند. توجه شود که هر چه طول موج کوچکتر باشد هنگام عبور از منشور شکست بیشتری خواهد داشت؛ یعنی رنگ قرمز کمترین میزان شکست و رنگ بنفش بیشترین میزان شکست را خواهد داشت.



به هر کمیتی که یک بازه داشته باشد (ابتدا و انتهای بازه مشخص باشد)، طیف آن کمیت گفته می‌شود؛ مثلا کمیتی به نام قد دانش آموزان یک طیف است که از ۱۴۰ الی ۱۸۵ سانتی‌متر متغیر است؛ یا کمیت طول موج، طیفی است از ۳۸۰ الی ۷۵۰ نانومتر (البته برای نور مرئی).

حال سوال این است که این طیف الکترومغناطیس چگونه به ساختار درونی اتم ارتباط دارد؟

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

هنگامی که به الکترونهای یک اتم انرژی می‌دهیم، الکترونها برانگیخته می‌شوند و الکترونهای برانگیخته تمایل دارند دوباره به حالت پایه برگردند و چون این الکترونها بین مدارها حرکت می‌کنند بنابراین امواج الکترومغناطیس نشر می‌کنند (ذره باردار متحرک مانند الکترون، میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند)؛ جهت درک بهتر این موضوع به ماجرای *انداختن آدمک (غضنفر)* توجه کنید:

میرونم که آدمی‌زاد، هر چی به سطح زمین نزدیک‌تر باشه پایدارتر هسش و هرچی از سطح زمین بره بالاتر ناپایدارتر میشه و دلش میخواد دوباره از اونجا بیافته پایین (سطح زمین دقیقا مثل هسته اتم میمونه) اگه از اون بالا بیافته پایین انرژی خود رو آزاد میکنه ولی خوب در عوض دست و پاشم میشکنه، حالا فرض کن غضنفر رفته بالای یه ساختمونی (این ساختمون ۷ طبقه هسش)، اگه غضنفر رو از طبقه اول بندازیم پایین دست و پاش یه کم اذیت میشه؛ اگه از طبقه چهارم بندازیم پایین دست و پاش قشنگ میشکنه؛ اگه از طبقه ششم بندازیم پایین دیگه شناسنامه‌اش سوراخ میشه و اگه از طبقه هفتم بندازیم پایین دیگه باید با جارو و خاک‌انداز جمعش کنیم و ... یعنی هر چقد فاصله بیشتر باشه مقدار انرژی آزاد شده بیشتر میشه. حالا سوال اینه که این غضنفر رو چه جوری به طبقات بالا ببریم که از اونجا بندازیمش پایین؟ ... در ادامه متوجه خواهید شد

رابرت بونزن: (شیمیدان آلمانی) (ایده مدارها): بعد از کشف چراغ بونزن (که از نوآوری‌های به یاد ماندنی او است) وی موفق شد دستگاهی طراحی کند که سهم بسیار زیادی در پیشرفت علم شیمی داشت. او این دستگاه را طیف بین نامید.

هنگامی که بونزن مقداری از یک ترکیب مس‌دار مانند کات کبود (که آبی رنگ است) را در شعله چراغ این دستگاه قرار داد مشاهده کرد که رنگ آبی شعله به سبزی می‌گراید. جالب این است که افزودن مس به جرقه‌های آتش در آتش بازی هم رنگ سبز تولید می‌کند. بونزن اسم این آزمایش را **آزمون شعله** گذاشت:

هدف از آزمون شعله شناسایی فلز موجود در یک ترکیب شیمیایی است (در ترکیبات شیمیایی نمکها، فلزات به صورت کاتیون می‌باشند). وقتی که محلول ترکیب شیمیایی فلز را روی چراغ بونزن قرار می‌دهیم شعله‌های چراغ، الکترونهای اتم فلزی را برانگیخته می‌کنند و در اثر بازگشت الکترون برانگیخته به حالت پایه، نوری با رنگ مشخص به شعله‌های چراغ اضافه می‌شود.

بر اساس آزمایش صفحه ۱۶ و ۱۷ کتاب درسی، جهت بررسی رنگ شعله فلزات، ابتدا محلول ترکیب شیمیایی فلزدار تهیه می‌شود و سپس گلوله‌های پنبه‌ای را به این محلول آغشته می‌کنیم و این گلوله‌های آغشته به محلول را با کمک یک گیره بوته‌ای برداشته و بر روی داغ‌ترین نکته چراغ بونزن قرار می‌دهیم (روی شعله، یک شیشه ساعت گذاشته می‌شود، که در واقع نمونه را روی شیشه ساعت داغ می‌گذاریم) به این ترتیب رنگ شعله فلزات مشخص می‌شود.

تذکر ۱: به جای گلوله پنبه‌ای، شیشه ساعت و ... اگر یک افشانه دستی در اختیار داشته باشیم، محلول نمک‌های فلزدار را در اتانول تهیه می‌کنیم و با افشاندن آن بر روی شعله‌های آتش، رنگ شعله تغییر می‌کند.
تذکر ۲: در آزمون شعله اگر نمک بکار برده شده خلوص بالایی نداشته باشد، رنگ شعله همانند آنچه انتظار می‌رود نخواهد بود.

برای اتمهایی که به صورت گازی هستند از آزمون شعله نمی‌توان برای برانگیختگی الکترونها استفاده کرد؛ برای همین، جهت برانگیختگی الکترونهای اتمهای گازی شکل از **تخلیه الکتریکی** استفاده می‌شود.

تخلیه الکتریکی: از اتصال غیر مستقیم دو رسانا، با اعمال ولتاژ بالا، جریانی از الکترونها از کاتد به سمت آند حرکت می‌کنند. اگر اتمهای گازی شکل رقیق بین کاتد و آند قرار داده شود، الکترونهای اتمهای گاز، در اثر انرژی که ناشی از جریان الکترونها (پرتوهای کاتدی) است برانگیخته خواهد شد.

تذکر ۱: اگر گاز درون لوله به صورت مولکول باشد ولتاژ اعمالی باید به حدی زیاد باشد که مولکولهای گازی شکل به اتمهای گازی شکل تبدیل شوند؛ $H_{2(g)} \xrightarrow{\text{دراثرولتاژبالا}} 2H_{(g)}$
تذکر ۲: گاز نئون به طور گسترده در ساخت تابلوهای تبلیغاتی استفاده می‌شود. در این تابلوها، یک جریان الکتریکی از درون لوله‌ای

www.ShimiPedia.ir
Shimi Moler

که دارای گاز نئون (با فشار پایین) است عبور می‌دهند، در نتیجه برقراری جریان برق، حرکت سریع الکترونها موجب می‌شود که الکترون اتم‌های نئون به تراز بالاتر برانگیخته شوند. بر اثر بازگشت الکترونهای برانگیخته به تراز پایین‌تر، نور قرمز مایل به نارنجی تولید می‌شود.

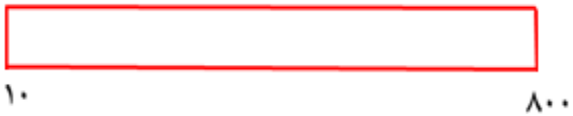
نتیجه اینکه هرگونه اعمال انرژی (که از روشهای آزمون شعله، تخلیه الکتریکی، نورخورشید، جرقه‌های آتش، انفجار باروت و ... تامین می‌شود) به الکترونهای یک اتم، می‌تواند الکترونها را به مدارهای بالاتر برانگیخته کند. در حالت کلی برای برانگیختگی فلزات از آزمون شعله و برای گازها از تخلیه الکتریکی استفاده می‌شود. در جدول زیر این موارد به صورت خلاصه آورده شده است:

نوع برانگیختگی	عنصر	رنگ	نوع برانگیختگی	عنصر	رنگ
انفجار باروت	آهن	نارنجی	آزمون شعله	منیزیم و آلومینیوم	سفید خیره کننده
جرقه‌های آتش	مس	سبز		پتاسیم	بنفش
تخلیه الکتریکی	هیدروژن	صورتی		لیتیم	قرمز مایل به نارنجی
	نئون	قرمز مایل به نارنجی		کلسیم	قرمز آجری
				سدیم	زرد

رابرت بونزن با عبور دادن نور حاصل از آزمون شعله (یا تخلیه الکتریکی) از منشوری که در دستگاه تعبیه شده است الگویی بدست آورد که طیف نشری خطی نام دارد. او با انجام آزمایش برای چندین عنصر مختلف مشاهده کرد که از هر عنصری طیف نشری خطی خاصی حاصل می‌شود که درست همانند اثر انگشت هر انسان، خطهای طیف نشری هر عنصر نیز فاصله‌های مختص به خود را دارند. جهت اینکه طیف را بیشتر و بهتر متوجه شویم به مثال‌های زیر توجه کنید:

مثال (۱): معدل دانش‌آموزان یک مدرسه می‌تواند از ۰ تا ۲۰ باشد، یعنی معدل دانش‌آموزان یک گستره و بازه‌ای از ۰ تا ۲۰ است که طیف معدل را نشان می‌دهد.

در این مثال طیف معدل، طیفی پیوسته است؛ به عبارت بهتر معدل دانش آموزان می‌تواند اعشاری و یا صحیح باشد. مانند ۱۴/۳۷ یا ۱۸/۷۹ و ...



مثال (۲): تعداد دانش آموزان یک مدرسه می‌تواند از ۱۰ الی ۸۰۰ نفر باشد. یعنی تعداد دانش‌آموزان مدرسه یک گستره و بازه‌ای از ۱۰ الی ۸۰۰ است که طیف تعداد را نشان می‌دهد.

در این مثال، طیف تعداد دانش آموزان طیفی گسسته است؛ به عبارت بهتر تعداد دانش آموزان نمی‌تواند اعشاری باشد؛ مثلا ۱۵۴ نفر داریم یا ۲۷۶ و ... (نمی‌توان گفت تعداد دانش آموزان ۱۴۷/۵ نفر است).

به مقدارهای هر طیف گسسته کوانتوم می‌گویند؛ مثلاً تعداد دانش‌آموزان کوانتومی است (کوانتوم یعنی مقادیر مشخص و پیمانه‌ای).

طیف امواج الکترومغناطیس، طیفی پیوسته است چرا که همه طول موج‌های 10^{-12} الی ۱ متر را شامل می‌شود (مثلا ۰/۳۲۷ متر) اما طیف نشری خطی طیفی گسسته است چرا که انتقالات الکترونی بین مدارها سبب ایجاد نورهایی با طول موج خاص

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

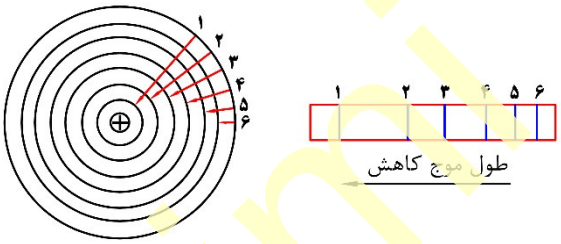
می‌شود و هر طول موج به صورت خطی در طیف مشاهده می‌شود. چون هنگام انتقال الکترون از حالت برانگیخته به حالت پایه نور نشر می‌شود و طول موج این نور نشر شده روی طیف ثبت خواهد شد بنابراین به آن طیف نشری خطی می‌گویند.

توجه شود که وظیفه اصلی چراغ بونزن، تامین انرژی لازم برای برانگیخته کردن الکترون است و وظیفه طیف نشری خطی، ثبت رنگ و طول موج نورهای نشر شده است.

جهت درک طیف نشری خطی، دوباره به مثال *انداختن غضنفر* برمی‌گردیم:

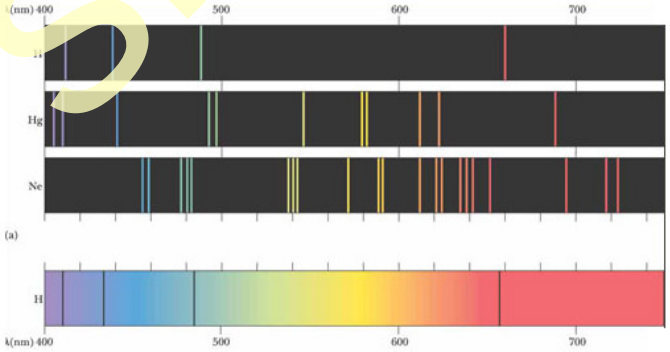
گفتیم که هرچی غضنفرو از طبقه بالاتر بندازیم پایین، غضنفر بیشتر تیکه تیکه میشه و انرژی بیشتری آزاد میکنه، چرا که هر چی اختلاف از سطح زمین بیشتر باشه انرژی آزاد شده بیشتر و ضربه شدیدتر میشه.

هر اتم دارای تعدادی سطح انرژی یا مدار (همانند طبقات ساختمان) است و دارای هسته‌ای با بار مثبت (همانند سطح زمین)، اگر در اتم ۷ مدار تصور کنیم و فرض شود که الکترونها به تراز هفتم برانگیخته شده باشند (با استفاده از تخلیه الکتریکی، شعله و...) این الکترون برانگیخته به چندین حالت می‌تواند به حالت پایه منتقل شود؛ این حالتها عبارتند از: (۷به۶)، (۷به ۵)، (۷به۴)، (۷به ۳)، (۷به۲) و (۷به۱). از آنجایی که فاصله انتقالات باهم متفاوت است بنابراین انرژی نور نشر شده در هر انتقال، متفاوت و نهایتاً طول موج هر انتقال، مختص خود می‌باشد.



اگر بر روی طیف الکترومغناطیس (۷ به ۶) را مشخص کنیم مشاهده خواهیم کرد در سمت راست طیف (طول موج‌های بیشتر) قرار می‌گیرد و اگر انتقال (۷ به ۱) را مشخص کنیم خواهیم دید که در سمت چپ طیف (طول موج‌های کمتر) قرار می‌گیرد. در شکل زیر حالتهای مختلف بازگشت الکترون برانگیخته از مدار هفتم به مدارهای پایین‌تر نشان داده شده است.

دیدیم که الکترونی که از مدار هفتم به حالت پایه برگردد ۶ طول موج مختلف می‌تواند نشر کند. با تصور اینکه اگر الکترون از مدار ششم به حالت پایه برگردد ۵ طول موج مختلف نشر می‌کند و همینطور برانگیختگی از مدارهای ۵، ۴، ۳، ۲ به ترتیب ۴، ۳، ۲ و ۱ نوع طول موج ایجاد می‌کند. علاوه بر این، در اتم‌هایی که بیش از یک الکترون داشته باشند چندین الکترون می‌تواند برانگیخته شود. با این تفسیر می‌توان تصور کرد که در طیف نشری خطی هر عنصر تعداد زیادی خطوط نشری وجود خواهد داشت.



توجه شود که از بین انتقالات الکترونی، فقط آن دسته از امواج نشری قابل رؤیت است که طول موج آنها در ناحیه مرئی باشد.

نتیجه کلی: هر چه اختلاف بین مدارها بیشتر، انرژی نور نشر شده بیشتر، طول موج کمتر، فرکانس بیشتر، شکست نور هنگام عبور از منشور بیشتر، به گاما نزدیک‌تر، اگر در ناحیه مرئی باشد رنگ نور به بنفش نزدیک‌تر است.

↑ شکست ↑ فرکانس ↓ طول‌موج ↑ انرژی ↑ فاصله

سوال ۱: با اینکه در همه اتم‌ها ۷ مدار الکترونی وجود دارد، پس چرا طیف نشری خطی هر عنصر مختص خود می‌باشد؟

Shimi Moein
www.ShimiPedia.ir

از آنجایی که هسته هر عنصری دارای تعداد پروتون مختص به خود است و نیز هر اتمی تعداد الکترونهای مشخصی در مدار خود دارد، چون توانایی هسته‌ها در جذب مدارهای الکترونی و نیز دافعه بین الکترونها در مدارها، نسبت به هم متفاوت است پس فاصله بین مدارهای هر عنصر مختص خود است و نهایتاً در انتقالات الکترونی بین مدارها، طول‌موج نور نشری متفاوت خواهد بود تا اینکه هر عنصر طیف نشری خطی مختص به خود را داشته باشد (درست مثل فاصله‌های اثر انگشت).

سوال۲: آیا می‌توان گفت تنها منبع تولید پرتوهای گاما، انتقال الکترون بین مدارهایی با اختلاف انرژی زیاد است؟

خیر. از پرتوزایی (فروپاشی هسته) هم پرتوی گاما تولید می‌شود.

سوال ۳: در هنگام دادن انرژی به اتم‌ها، جهت برانگیخته کردن الکترونها، اگر انرژی خیلی بیشتری به الکترون داده شود چه اتفاقی می‌افتد؟

اگر به الکترونها به قدری انرژی بدهیم که الکترون از مدار هفتم بالاتر برود در آن صورت الکترون از قید هسته خارج می‌شود و دیگر در انتقالات الکترونی بین مدارها شرکت نمی‌کند؛ به عبارت بهتر هرگاه به تراز بالاتر از هفتم منتقل شود می‌گویند الکترون روی مدار بی‌نهایت است ($n = \infty$) و چون از قید هسته به طور کامل خارج شده است به این فرایند **یونش** می‌گویند.

در لوله پرتو کاتدی، به کاتد به اندازه‌ای ولتاژ اعمال می‌شود که الکترونها به تراز بی‌نهایت منتقل شوند.

از روی طیف نشری خطی می‌توان به نوع عنصر پی‌برد. از آنجایی که در منابع علمی، طیف نشری خطی تمام عنصرها موجود است (طیف مرجع)، اگر یک عنصر مجهول داشته باشیم که نمی‌دانیم متعلق به کدام عنصر است، یک طیف نشری خطی از آن عنصر تهیه می‌شود و با طیفهای مرجع مقایسه می‌شود و با هر کدام که مطابقت داشت یعنی با آن عنصر هم نوع است.

کاربرد طیفهای نشری خطی از برخی جنبه‌ها مانند خط نمادها (barcod) روی جعبه‌ها یا بسته بندی مواد غذایی است. هر نوع کالایی خط نماد خاص خودش را دارد و با خواندن خط نماد به کمک دستگاه لیزری که به رایانه وصل شده است نوع و قیمت بر روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود. یعنی از بارکد محصول به نوع و قیمت محصول پی‌می‌برند.

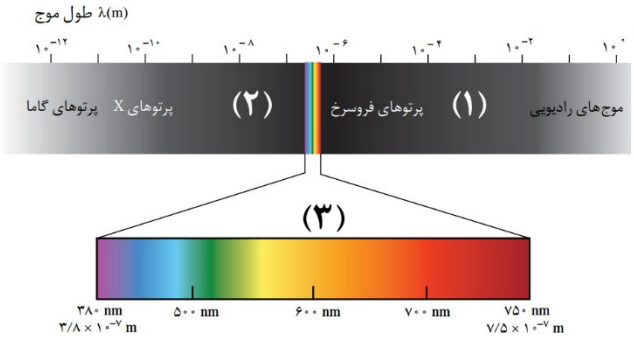
جمع بندی هر آنچه پرتو دیدیم:

نوع پرتو	جنس	منشاء	گستره
کاتدی	الکترون	خروج کامل الکترون از اتم	همه مواد
الکترومغناطیس	نور	انتقال الکترون (بین مدارها)	همه مواد
پرتوزایی	${}^{4}_{2}He^{2+} = \alpha$ ${}^{0}_{-1}e = \beta$ $\gamma = نور$	فروپاشی هسته	$\frac{N}{P} \geq 1/5$ یا $P \geq 84$

توجه شود چون ذرات آلفا و بتا و همینطور پرتوهای کاتدی ذره هستند (نه موج) بنابراین طول موج و فرکانس ندارند.

www.ShimiPedia.ir

تست ۷۱: با توجه به شکل، کدام عبارتهای زیر نادرست است؟



آ) قسمتهای (۱) و (۲) به ترتیب به ریز موج‌ها و امواج فرابنفش مربوط می‌شود.

ب) قسمت (۳) مربوط به نور مرئی است که کمترین طول موج آن مربوط به نور قرمز است.

پ) پرتوهای گاما با کوتاه‌ترین طول موج، بیشترین انرژی را در طیف الکترومغناطیس دارند.

ت) چشم انسان گستره‌ای از امواج الکترومغناطیس با طول موج $7/5 \times 10^{-7}m$ تا $3/8 \times 10^{-7}m$ را در طیف الکترومغناطیس می‌بیند.

ث) طیف الکترومغناطیس پیوسته‌ای را نشان می‌دهد که بر اساس قدرت نفوذ امواج کنار هم قرار گرفته است.

۱- آ، ث ۲- ب، پ ۳- ب، ث ۴- ت،ب، پ

جواب ۳: تحلیل ب (نادرست است):در ناحیه مرئی کمترین طول موج از آن بنفش است.

تحلیل ث (نادرست است): طیف الکترومغناطیس بر اساس طول موج می‌باشد (نه قدرت نفوذ).

تست ۷۲: اگر الکترون در اتم هیدروژن، از حالت پایه به لایهٔ $n = 5$، برانگیخته شود، کدام عبارت در این مورد، درست است؟ (ریاضی ۹۵ داخل)

۱- برای یونش این اتم، انرژی کم‌تری نسبت به حالت پایه، نیاز است.
۲- الکترون در این حالت، انرژی کم‌تری نسبت به حالت پایه، دارد و از هسته دورتر است.
۳- طول موج نور نشر یافته هنگام برگشت به حالت پایه، بیشتر از برگشت به حالت $n = 2$ است.
۴- به انرژی لازم برای جدا کردن این الکترون برانگیخته در اتم، انرژی نخستین یونش هیدروژن می‌گویند.

جواب ۱: ابتدا به الکترون اتم هیدروژن، انرژی بدهیم تا از حالت پایه (مدار اول) به تراز پنجم برسد و سپس مقداری انرژی هم صرف یونش الکترون (جدا شدن کامل الکترون از قید هسته) می‌شود، بدیهی است که وقتی الکترون در مدار پنجم قرار بگیرد (نسبت به حالتی که در $n = 1$ قرار بگیرد) انرژی یونش کمتری خواهد داشت.

گزینه ۲: الکترون، هرچقدر از هسته دورتر می‌شود، انرژی آن‌ها بیشتر می‌شود. بنابراین $n = 5$ انرژی بیشتری نسبت به $n = 1$ دارد.

گزینه ۳: بازگشت الکترونی از $n = 5$ به $n = 1$ انرژی بیشتر و طول موج کمتری نسبت به بازگشت از $n = 5$ به $n = 2$ می‌باشد (افتادن از طبقه پنجم به طبقه اول، انرژی بیشتری را آزاد می‌کند).

گزینه ۴: انرژی یونش هر اتمی (از جمله هیدروژن) به انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از حالت پایه تا $n = \infty$ تعریف می‌شود (نه از حالت $n = 5$ تا $n = \infty$).

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

تست ۷۳: همه مطالب درست‌اند به جز: (ریاضی ۹۴ خارج کشور)

۱- انرژی پرتوهای گاما از پرتوهای X و فرابنفش بیشتر است.
۲- تخلیه الکتریکی به شرط اختلاف پتانسیل بالا، بدون اتصال مستقیم دو جسم اتفاق می‌افتد.
۳- موفقیت ملیکان در تعیین نسبت بار به جرم الکترون، در تعیین جرم الکترونها نقش اساسی داشت.
۴- اگر در آزمایش رادرفورد ورقه ضخیم طلا به کار میرفت، نسبت شمار ذره‌های آلفای منحرف شده، افزایش می‌یافت.

جواب ۳: تعیین نسبت بار به جرم از آن تامسون بوده است (نه ملیکان).

گزینه ۱: پرتوهای گاما نسبت به پرتوهای X و فرابنفش طول موج کمتر، فرکانس بیشتر و نهایتاً انرژی بیشتری دارد.

گزینه ۲: در تخلیه الکتریکی (مثل لوله پرتوی کاتدی) دو رسانا بدون اتصال مستقیم در ولتاژ بالا، الکترونها را از کاتد به سمت آند به جریان می‌اندازند.

گزینه ۴: با افزایش قطر ورقه، هسته‌های بیشتری بر روی یکدیگر قرار می‌گیرد در نتیجه ذرات آلفا منحرف شده بیشتر خواهد شد.

تست ۷٤: کدام گزینه نادرست است؟ (تجربی خارج ۹۳)

۱- بر اثر تخلیه الکتریکی درون گاز هیدروژن، رنگ صورتی روشن به وجود می‌آید.
۲- با افزودن براده منیزیم به باروت سیاه، جرقه‌های آتش به رنگ نارنجی تولید می‌شود.
۳- جرج استونی، ذرات حمل کننده‌ی جریان برق را الکترون نامید و ملیکان توانست بار آنها را حساب کند.
۴- بدون استفاده از منشور در دستگاه طیف بین، امکان مشاهده تک تک خطوط طیف‌های اتمی وجود نداشت.

جواب ۲: براده‌های منیزیم در اثر برانگیختگی نور سفید خیره کننده تولید می‌کند (نه نور نارنجی)

بدون وجود منشور، نور سفید از هم جدا نمی‌شود و تک تک خطوط قابل مشاهده نمی‌شود.

تست ۷۵: دستگاه طیف بین توسط ..... کشف شد و به کمک آن معلوم شد که طیف نشری فلزها ..... است و ..... و جنس پرتوها در این دستگاه مشابه اشعه‌ی ..... است. (تجربی داخل ۹۳)

۱- بونزن- خطی – هر فلز طیف نشری خطی ویژه خود دارد – X
۲- رادرفورد- خطی – هر فلز طیف نشری خطی ویژه خود دارد – β
۳- رادرفورد - رنگی – همه فلزها طیف نشری خطی مشابه دارد – X
۴- بونزن- رنگی – همه فلزها طیف نشری خطی مشابه دارد – β

جواب ۱: دستگاه طیف بین از آن رابرت بونزن است که طیف نشری خطی (نه رنگی) می‌باشد

پرتوهای X از جنس الکترومغناطیس است درحالی که پرتوهای β از جنس الکترون می‌باشد.

تذکر: طیف نشری الزاما رنگی نیست مگر اینکه در ناحیه مرئی باشد.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

تست ٧٦: کدام مطلب نادرست است؟ (ریاضی خارج ۹۱)

۱- نمک‌های مس مانند کات کبود اگر در شعله قرار بگیرند رنگ آبی شعله به سبزی می‌گراید.
۲- خط‌های طیف نشری همه‌ی عنصرها در ناحیه مرئی قرار دارند.
۳- نور ناشی از ایجاد تخلیه الکتریکی درون گاز هیدروژن رنگ صورتی روشن دارد.
۴- بررسی طیف نشری خطی یک نمونه می‌تواند به شناسایی فلزهای موجود در آن کمک کند.

جواب ۲: طیف نشری خطی می‌تواند از رادیویی تا گاما قرار بگیرد و الزاماً در ناحیه مرئی نیست.

تست ٧٧: نخستین بار ..... عدد اتمی، چادویک وجود ..... را در هسته اتم و ..... ساختار الکترونی اتم را کشف کرد. (ریاضی داخل ۸۸)

۱- موزلی- نوترون - رادرفورد
۲- رادرفورد- نوترون - بور
۳- موزلی- پروتون - رادرفورد
۴- رادرفورد- پروتون - بور

جواب ۲: چون صورت سوال کاشف عدد اتمی (نه کاشف پروتون) را پرسیده است پس جواب رادرفورد است، چرا که کشف عدد اتمی از روی محاسبات رادرفورد بوده است. اصولاً کشف پروتون می‌تواند متعلق به موزلی باشد. چادویک نوترون را کشف کرد و بور مدارهای الکترونی را کشف کرده بود.

۱-۵-۳- مدل اتمی کوانتومی یا اوربیتالی(مدل شرودینگر): جهت ارائه این مدل دانشمندان زیر نقش داشتند

ایده	خدمات	مدل
دوبری	آفبا، هوند، پاولی	شرودینگر

همانطور که می‌دانیم مدل اتمی بور و مدل اتمی شرودینگر، در مورد نحوه قرار گیری الکترونها در داخل اتم صحبت می‌کنند. در مدل اتمی بور دیدیم که الکترون، روی مدارهای الکترونی (یا همان ترازهای انرژی) در حال حرکت هستند و از انتقال الکترون از تراز بالاتر به تراز پایین‌تر نور نشر می‌شود. اما ایرادهای اساسی که مدل اتمی بور داشت به صورت زیر می‌باشند:

ایرادات مدل اتمی بور:

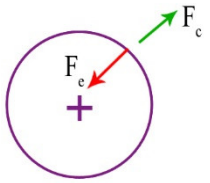
۱- هر تراز اصلی (یا مدار الکترونی) را یکپارچه در نظر گرفت؛ در حالی‌که در اتم‌هایی با بیش از یک الکترون، در اثر دافعه بین الکترونهای یک لایه، هر لایه اصلی به چندین زیر لایه با سطح انرژی متفاوت شکافته می‌شود (مثلا لایه سوم به زیر لایه‌های ۳s، ۳p، ۳d شکافته می‌شود).

تذکر: بخاطر شکافت یک لایه اصلی به چندین زیرلایه، بور نمی‌توانست طیف نشری خطی سایر عناصر را توجیه کند، چرا که بخاطر اختلاف سطح انرژی زیر لایه‌ها، در طیف نشری خطی، تعداد خط‌های زیادتری مشاهده می‌شد.

۲- الکترون را محدود به حرکت بر روی مدارها دانست، در حالیکه الکترون بخاطر داشتن سرعت بسیار زیاد، دقیقاً روی مدارها حرکت نمی‌کند بلکه به صورت موج (ابر الکترونی) در ناحیه‌ای به نام اوربیتال حرکت می‌کند.

Shimi Moier
www.ShimiPedia.ir

سوال: می‌دانیم که الکترون دارای بار منفی است و نیز هسته دارای بار مثبت است. سوال این است که چرا الکترونها روی هسته نمی‌افتند؟



همانطور که در مدل اتمی بور دیدیم، حرکت الکترون به دور هسته در مسیری دایره‌ای شکل است و نیز از فیزیک به یاد داریم که در حرکت دایره‌ای، یک نیروی گریز از مرکز (که با F_c نشان داده می‌شود) وجود دارد که جهت آن به سمت بیرون می‌باشد؛ به عبارت بهتر جاذبه الکتریکی (که با F_e نشان داده می‌شود) بین الکترون و پروتون توسط نیروی گریز از مرکز خنثی می‌شود و نهایتاً با برابری دو نیرو ($F_c = F_e$) تعادل برقرار می‌شود.

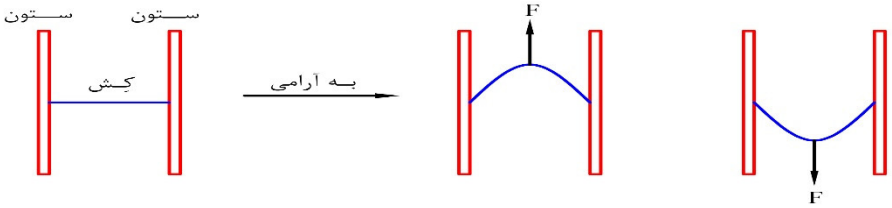
با جایگذاری نیروی گریز از مرکز با نیروی الکتریکی داریم: $\frac{mv^2}{r} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$

اگر فرض شود در اتم فقط یک پروتون و یک الکترون داشته باشیم، با دانستن این که بار پروتون و الکترون با هم یکسان و برابر $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ کولن و k (ضریب گذردهی خلاء) برابر ۹×۱۰^{۹} و نیز جرم الکترون $۹/۱ \times ۱۰^{-۲۸}$ گرم و شعاع اتمی هیدروژن ۵×۱۰^{-۱۱} متر است، با قرار دادن اعداد در رابطه بالا سرعت حرکت الکترون برابر است با (یاد گرفتن و حفظ این اعداد و اثبات لازم نیست):

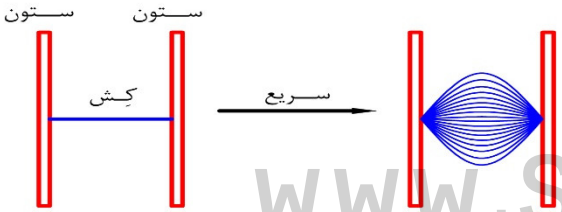
$$v^2 = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}}{۹/۱ \times ۱۰^{-۲۸} \times ۵ \times ۱۰^{-۱۱}} \quad ۱۰^{۱۰} \Longrightarrow v = ۱۰۰,۰۰۰\ m/s$$

بنابراین به طور تقریبی سرعت الکترون در اطراف هسته، صدهزار متر بر ثانیه است، یعنی ۱۰۰ کیلومتر را در یک ثانیه طی می‌کند (مثلاً فاصله تهران تا کرج ۵۰ کیلومتر است، در یک ثانیه از تهران به کرج میرود و برمی‌گردد)، حال با این تفاسیر چون سرعت حرکت الکترون در اطراف اتم خیلی زیاد است بنابراین الکترون به جای حرکت بر روی مدارها در یک فضای سه بعدی به نام اوربیتال قرار گرفته است. جهت درک نحوه حرکت الکترون و مفهوم اوربیتال به موضوع زیر توجه کنید:

فرض کنید کِشی با قطر نیم سانتی‌متر را بین دو ستون ببندیم و این کِش را با نیرویی مانند F به آرامی بالا و پایین ببریم، در این حالت مسیر حرکت کِش را می‌توان مشاهده کرد و کل فضایی که توسط کِش اشغال خواهد شد به اندازه قطر کِش است.



حال این‌بار فرض کنید همان کِشی که بین دو ستون قرار گرفته است با سرعت بالایی با نیروی F کشیده شود و سپس رها شود، در این حالت موقعیت قرارگیری کِش و نیز مسیر حرکت آن دقیقاً معلوم نیست. به عبارت بهتر کِشی که فقط نیم سانتی‌متر قطر داشت اگر با سرعت زیاد کشیده شود و رها شود فضای خیلی بزرگتری (نسبت به قطرش) را اشغال خواهد کرد. توجه شود که تفاوت دو مثال فقط در سرعت حرکت کِش است.

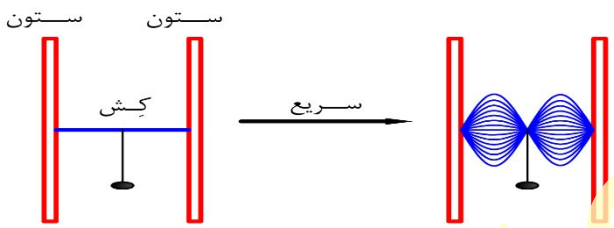


همانطور که از شکل مشخص است اگر سرعت حرکت کِش بالا باشد به جای اینکه کِش را محدود به یک خط و مدار بدانیم، باید از حضور کِش در فضای سه بُعدی صحبت شود و نیز در سرعت‌های بالا مسیر حرکت کِش دقیقا معلوم نیست (یعنی نمی‌توان

www.ShimiPedia.ir

گفت کِش از چه مسیرهایی می‌چرخد) بلکه فقط می‌توان گفت، با احتمال بالای ۹۰٪ ،کِش در داخل محدوده‌ای با سرعت زیاد در حال حرکت است.

توجه شود که چون حرکت سریع کِش یک محدوده ایجاد می‌کند و هر محدوده‌ای دارای مرز خارجی است، این مرزهای خارجی، شکل محدوده را تعیین می‌کنند. مثلاً *مرز خارجی حرکت کِش، تفم مرغی شکل است.*



تصور کنید که اگر در بین ستونها یک میله پایه‌ای قرار بدهیم که کِش را از وسط به دو قسمت تقسیم کنیم و کِش نیز با سرعت بالا در حال حرکت باشد در این حالت شکل حاصل از ناحیه حرکت کِش به صورت دو دمبل سر به سر خواهد بود.

تا اینجای کار توانستیم دو مورد را درک کنیم؛ یکی اینکه سرعت حرکت الکترون در داخل اتم خیلی زیاد است، و دوم اینکه اگر سرعت حرکت زیاد باشد ذره به صورت موج در می‌آید و یک ناحیه را اشغال می‌کند. در واقع اوربیتال، محل گردش و چرخش الکترون است و چون سرعت خیلی بالا است، ناحیه‌ای ایجاد می‌شود و چون هر ناحیه‌ای مرز خارجی مشخصی دارد (که شکل را تعیین می‌کند) پس هر اوربیتالی، شکل مخصوص به خود را دارد. همانطور که در مثال کِش دیدیم، هر چه سرعت بالاتر باشد تعیین دقیق مکان و موقعیت سخت‌تر خواهد بود بنابراین دقیقاً نمی‌شود موقعیت الکترون را در اطراف هسته تعیین کرد بلکه ناحیه حرکت الکترون (درست همانند ناحیه حرکت کِش که *تفم مرغی شکل بود*) را می‌توان تعیین کرد که با آن اوربیتال می‌گویند.

تذکر: معنی اوربیتال، جایگاه است که در آن یک شی، در حال حرکت است.

نتیجه کلی اینکه، هر ذره‌ای که با سرعت خیلی بالا حرکت کند خصلت موجی به خود می‌گیرد. الکترون در داخل اتم چون سرعت بالایی دارد پس خصلت موجی دارد.

لویی دوبروی(ایده موج و ذره): وی رفتار دوگانه، ذره- موج الکترون را بررسی و اثبات کرد.

اروین شرودینگر (فیزیکدان اتریشی) [۱۹۲۶] (مدل اوربیتالی یا مدل کوانتومی): شرودینگر به کمک محاسبات بسیار پیچیده ریاضی و با تأکید بر رفتار موجی الکترون، مدلی برای اتم پیشنهاد داد که در این مدل به جای محدود کردن الکترون به یک مدار دایره‌ای شکل، از حضور الکترون در یک فضای سه بعدی به نام اوربیتال یاد کرد. همانگونه که برای مشخص کردن مکان یک جسم در فضا به سه عدد (طول عرض، ارتفاع) نیاز داریم برای مشخص کردن هر یک از اوربیتالهای اتم نیز به چنین داده‌هایی نیاز داریم.

تعریف مدل کوانتوم اتم: در هر اتم، الکترونها در اطراف هسته به صورت موج در فضاهای سه بُعدی به نام اوربیتال در حال حرکت هستند که بر پایه خواص موجی الکترون استوار است(نه خواص ذره‌ای).

سوال: وجه مشترک مدل بور با مدل شرودینگر در چیست؟

جواب: ۱- در هر دو مدل برای الکترون انرژی کوانتیده در نظر گرفته می‌شود. ۲- پایدارترین حالت برای الکترون وقتی است که الکترون به هسته نزدیک‌تر باشد.

شرودینگر به منظور مشخص کردن موقعیت اوربیتالها در فضا، از **سه** عدد n ، l و m_l استفاده کرد که عددهای کوانتومی خوانده می‌شود (چرا که انرژی الکترون کوانتومی است). هر چند که امروزه می‌دانیم ۴ عدد کوانتومی وجود دارد اما توجه شود که چهارمین عدد کوانتومی (m_s) متعلق به پاولی و همکارن است و نیز کاشف اولین عدد کوانتومی بور می‌باشد. در واقع، لایه‌ها، زیر لایه‌ها و اوربیتالها جایگاه‌هایی هستند که جهت آدرس دادن به این جایگاه‌ها از اعداد کوانتومی n ، l و m_l استفاده می‌شود. این اعداد

ShimiMoein
www.ShimiPedia.ir

کوانتومی عبارتنداز؛

عدد کوانتومی اصلی:

اطراف هسته اتم، از ۷ لایه‌ی الکترونی (که بور آنها را مدارهای انرژی نامید) تشکیل شده است. این لایه‌ها به صورت K,L,M,N,... یا n=۱،۲،۳،...،۷ نامگذاری می‌شوند که لایه‌های الکترونی اصلی را تشکیل می‌دهند. n = ۱ نزدیکترین لایه اصلی به هسته می‌باشد. هرچه n کوچکتر باشد به هسته نزدیکتر، سطح انرژی آن کمتر، پایداری آن بیشتر و اندازه لایه کوچکتر است. عدد کوانتومی اصلی، اندازه هر لایه الکترونی و تعداد زیر لایه‌های هر لایه (تعداد زیر لایه‌های هر لایه اصلی برابر شماره آن لایه است) را نیز معین می‌کند.

تذکر: هسته اتم، چیزی شبیه سطح زمین است، هر چه از هسته دورتر باشد ناپایداری بیشتر است.

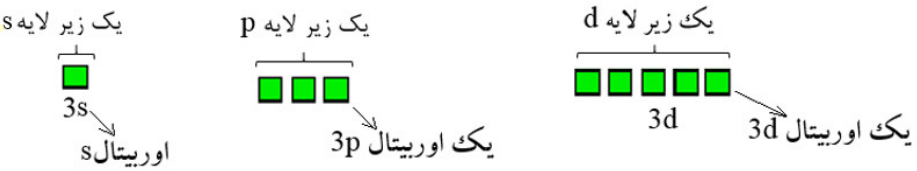
عدد کوانتومی اوربیتالی:

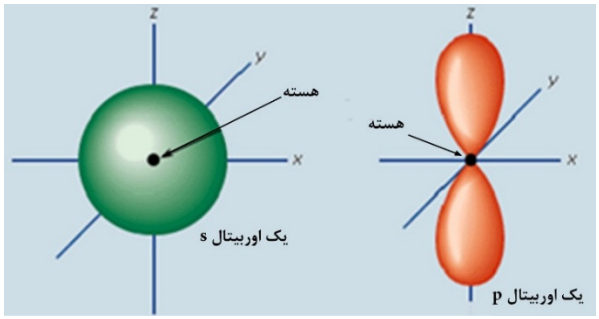
هر یک از لایه های اصلی به جز (n = ۱) به گروه‌های کوچکتری تقسیم می‌شوند که آنها را زیر لایه می‌گویند (مثلاً لایه سوم دارای سه زیر لایه ۳s,۳p,۳d است). زیرلایه‌ها با اعداد کوانتومی اوربیتالی مشخص می‌شوند که نماد آن l است. عدد کوانتومی اوربیتالی می‌تواند همه اعداد طبیعی از ۰ تا n - ۱ را داشته باشد. این عدد کوانتومی، شکل اوربیتال و تعداد اوربیتال (تعداد اوربیتالهای هر زیر لایه از رابطه $2l + ۱$ حاصل می‌شود) را مشخص می‌کند:

l=	۰	۱	۲	۳
نوع اوربیتال	s	p	d	f
شکل	کروی	دمبلی	–	–
تعداد اوربیتال $2l + ۱$	۱	۳	۵	۷

زیر لایه: به مجموعه‌ای از اوربیتالهای هم نوع و هم انرژی، یک زیر لایه می‌گویند.

چنانچه از شکل زیر معلوم است لایه سوم دارای سه زیر لایه ۳s,۳p,۳d است که به ترتیب دارای ۵، ۳ و ۱ اوربیتال هستند:





مجموعی از اوربیتالهایی با l یکسان، تشکیل یک زیرلایه می‌دهند.

مجموعی از زیر لایه‌هایی با n یکسان، تشکیل یک لایه می‌دهند.

در محدوده کنکور فقط شکل اوربیتالهای p و s لازم است که به صورت زیر می‌باشد.

- همپوشانی اوربیتال s جهت‌دار نیست (چون کروی است و کره جهت خاصی ندارد) ولی p دارای همپوشانی جهت‌دار است.
- شکل اوربیتالها در حقیقت نمودار ریاضی معادلات شرودینگر در سه بعد می‌باشند که این شکل‌ها از حل معادلات پیچیده

Shimi Moler
www.ShimiPodia.ir

در جدول زیر تعداد اوربیتالها و نیز حداکثر تعداد الکترونها در هر زیر لایه آورده شده است:

n	l	علامت زیرلایه	تعداد زیرلایه $(2l+1)$	حداکثر تعداد الکترون $(4l+2)$
۱	۰	۱s	۱	۲
۲	۰	۲s	۱	۲
	۱	۲p	۳	۶
۳	۰	۳s	۱	۲
	۱	۳p	۳	۶
	۲	۳d	۵	۱۰
۴	۰	۴s	۱	۲
	۱	۴p	۳	۶
	۲	۴d	۵	۱۰
	۳	۴f	۷	۱۴

با توجه به اینکه آخرین مدل اتمی را هم مشاهده کردیم، لازم است تاریخچه دانشمندان را به صورت اجمالی در یک نگاه مرور کنید:

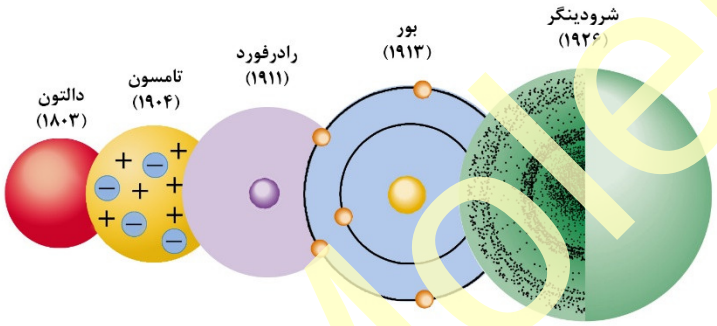
ایده مدل (زمینه ساز)	مدل(تشبیه، اثبات، توجیه)	خدمات
دموکریت: ایده تجزیه ناپذیری اتم	*دالتون:* مدل تجزیه ناپذیری (قانون پایستگی جرم، نسبت‌های معین، تغییرات فیزیکی)	تالس: آب عنصر اصلی است ارسطو: آب، هوا، خاک و آتش عناصر اصلی است. رابرت بویل: مفهوم تازه عنصر، شیمی علمی تجربی است، پژوهش‌های عملی نیز اقدام شود.
مایکل فارادی: آزمایش برقکافت (منجر به کشف الکترون)	*تامسون:* مدل کیک کشمشی یا هندوانه ای (لوله پرتوی کاتدی، اولین ذره زیر اتمی، نسبت بار به جرم، خنثی بودن اتم)	ملیکان: بار الکترون جورج استونی: ذره‌های حمل کننده جریان برق را الکترون نامید.
هانری بکرل: کشف پرتوزایی	*رادرفورد:* مدل هسته دار(تحلیل $\gamma\beta\alpha$، بمباران ورقه طلا، قطر اتم، قطر هسته، کشف عدد اتمی، ایده کشف نوترون)	کوری: نامگذاری پرتوزایی موزلی: مطالعه X و زمینه ساز کشف پروتون چادویک: کشف نوترون رونتگن: کشف پرتوهای X
رابرت بونزن: طیف نشری خطی (چراغ بونزن، دستگاه طیف بین)	*بور:* مدل سیاره ای (توجیه طیف نشری، وجود مدارهای الکترونی، عدد کوانتومی اصلی)	آنگستروم: یافتن ۴ خط طیف هیدروژن و اندازه‌گیری آنها
لویی دوبری: خصلت دوگانگی موج و ذره	*شرودینگر:* مدل کوانتومی و یا مدل اوربیتالی (آدرس اوربیتالها با سه عدد کوانتومی)	هوند: الکترونهای یک زیرلایه ابتدا هم سوء قرار می‌گیرند پاولی: الکترونها در یک اوربیتال خلاف جهت هم هستند آفبا: نحوه پر شدن الکترونها در داخل اتم

تذکر ۱: هر یک از نظریه های فوق قادر به توجیه کامل نظریه‌های بعدی خود نبودند. مثلاً نظریه دالتون قادر به توجیه الکتریسیته ساکن، پرتوزایی، تشکیل پیوند، ظرفیت و ... نبودند.

ShimiMoet
www.ShimiPedia.ir

تذکر ۲: نظریه‌هایی که برای اتم مدلی مطرح کردند در ستون وسط آورده شده است (همه دانشمندان مدل مطرح نکردند بلکه برخی دانشمندان ایده دادند و برخی دیگر خدماتی در راستای ایده و مدل مطرح کردند.).

تذکر ۳: هر ایده، جرقه‌ای بود برای رد مدل قبلی و هر مدل بعدی از ایده قبلی کمک می‌گرفت،.یعنی تاریخچه دانشمندان به صورت زنجیروار می‌باشد.



تست ۷۸: کدام گزینه درست است؟

۱- طبق چهارمین عدد کوانتومی، ۲ الکترون در یک اوربیتال در خلاف جهت هم به دور هسته می‌چرخند.

۲- تک الکترون اتم هیدروژن می‌تواند m_s برابر با $+\frac{۱}{۲}$ و یا $-\frac{۱}{۲}$ داشته باشد.

۳- طبق اصل طرد پاولی الکترونها در یک زیر لایه باید جهت گیری مخالفی نسبت به هم داشته باشند.

۴- اصل هوند برای تمامی زیر لایه هایی که از الکترون اشغال شده است باید رعایت شود.

جواب ۲: با توجه به صفحه ۲۴ کتاب درسی، تک الکترون اتم هیدروژن می‌تواند m_s برابر با $+\frac{۱}{۲}$ و یا $-\frac{۱}{۲}$ داشته باشد. اوربیتال تک الکترونی، جاذبه مغناطیسی ندارد. با اینکه در اثر چرخش و حرکتهای خود یک میدان مغناطیسی در اطراف خود ایجاد می‌کند ولی چون در بیرون میدان مغناطیسی وجود ندارد بنابراین برای تک الکترون اصلاً مهم نیست که به کدام جهت بچرخند. یعنی هر دو نوع m_s را می‌تواند داشته باشد.

گزینه ۱: چهارمین عدد کوانتومی که همان عدد کوانتومی مغناطیسی اسپینی می‌باشد جهت برقراری تعادل بین دو الکترون در یک اوربیتال صحبت می‌کند؛ یعنی دو الکترون درون یک اوربیتال در خلاف جهت هم به دور خود (نه هسته) می‌چرخند تا جاذبه مغناطیسی با دافعه الکتریکی به تعادل برسد.

گزینه ۳: طبق اصل طرد پائولی الکترونها در یک اوربیتال (نه زیر لایه) باید جهت‌گیری مخالفی نسبت به هم داشته باشند.

گزینه ۴: اصل هوند برای زیر لایه‌هایی صادق است که بیش از یک اوربیتال داشته باشند مانند p و d. یعنی برای زیرلایه s اصل هوند معنی ندارد.

تست ۷۹: کدام گزینه نادرست است؟

۱- شکل اوربیتال‌های موجود در زیرلایه‌های s و p به ترتیب کروی و دمبلی است.

۲- الکترون با انجام حرکت اسپینی یعنی حرکت به دور هسته‌ی اتم، تبدیل به یک آهنربای ریز می‌شود.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

تست ۸۵: با توجه به اعداد کوانتومی زیر به جای x و y کدامیک از گزینه‌ها نمی‌تواند باشد:

$n = ۶, l=y, m_l=x, m_s = \frac{۱}{۲}$

۱- $x = -۱ ، y = ۲$ ۲- $x = -۳ ، y = ۳$ ۳- $x = -۲ ، y = ۱$ ۴- $x = ۰ ، y = ۰$

جواب ۳: با توجه به داده‌های سوال و شبیه‌سازی گفته شده است که اگر در طبقه ۶ باشیم می‌توانیم شش واحد با شماره‌های ۰ تا ۵ داشته باشیم؛ بنابراین عدد کوانتومی اوربیتالی یعنی y در تمامی گزینه‌ها درست است. ولی در واحد $l = ۱$ شماره اتاق‌ها (اوربیتالها) از ۱- تا ۱+ می‌باشد. یعنی ۳ اتاق داریم و اتاقی با شماره ۲- وجود ندارد.

تست ۸۶: کدام یک از اعداد کوانتومی زیر را می‌توان برای یک اتم در نظر گرفت؟

۱- $۲ ، ۲ ، ۰ ، +\frac{۱}{۲}$ ۲- $۳ ، ۲ ، ۰ ، +\frac{۱}{۲}$ ۳- $۳ ، ۲ ، ۰ ، +۱$ ۴- $۱ ، ۰ ، ۱ ، +\frac{۱}{۲}$

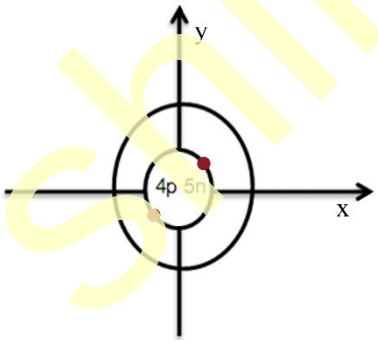
جواب ۲:

گزینه ۱: l حداقل باید یک واحد از n کمتر باشد، چرا که محدوده l از ۰ تا n-۱ است. بنابراین $l = ۲$ اشتباه است.

گزینه ۳: عدد کوانتومی مغناطیسی $+\frac{۱}{۲}$ و یا $\frac{۱}{۲}$ است، پس نمی‌تواند ۱+ باشد.

گزینه ۴: محدود m_l از $-l$ تا $+l$ است، یعنی وقتی که $l = ۰$ است m_l نمی‌تواند ۱+ باشد.

تست ۸۷: با توجه به شکل زیر که هسته اتم، محل طلاقی محور x و y است و دو زیر لایه اطراف هسته نشان داده شده است(الکترونها به صورت نقطه روی مدارها می‌باشد) کدامیک از موارد زیر درست می‌باشد؟



۱- دو اوربیتال اتم A که عدد کوانتومی اصلی یکسانی دارد.
۲- دو اوربیتال از زیر لایه p را برای یون $A^{۲+}$ نشان می‌دهد.
۳- اوربیتالهای ۱s و ۲s گونه $A^{۲+}$ را نشان می‌دهد.
۴- در هر دو اوربیتال $l = ۰$ است و اندازه هر دو در فضا یکسان است.

جواب ۳: با توجه به شکل، در هسته ۴ پروتون و در مدارها دو الکترون داریم، بنابراین شکل مربوط به گونه $A^{۲+}$ است؛ و نیز چون اوربیتالها متحدالمرکز می‌باشند و در اندازه با هم اختلاف دارند بنابراین یکی از اوربیتالها ۱s و دیگری ۲s می‌باشد.

گزینه ۱: چون اندازه دو اوربیتال s متفاوت است بنابراین متعلق به یک لایه اصلی نیستند و عدد کوانتومی اصلی متفاوتی دارند.

گزینه ۲: اوربیتالهای p دمبلی شکل هستند، (نه کره‌های متحد المرکز).

گزینه ۴: اندازه دو اوربیتال ۱s و ۲s نمی‌تواند در فضا یکسان باشد.

تست ۸۸: چند مورد از مشاهدات زیر با توجه به بسط نظریهٔ اتمی بور به سایر اتم‌ها، قابل توجیه است؟ (تجربی ۹۵ خارج)

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

- تابش نور از لامپ‌های تبلیغاتی نئونی
- پر شدن زیرلایه‌ها بر پایهٔ قاعدهٔ هوند
- تفاوت انرژی یونش فلزهای قلیایی با یکدیگر
- جهت‌گیری اوربیتال‌های p و در سه بعد x، y و z
- وجود طول موج‌های مختلف در طیف نشری خطی اتم‌ها

۱- ۱ ۲- ۲ ۳- ۳ ۴- ۴

جواب ۳:

عبارت اول (قابل توجیه است): نشر نور، ناشی از انتقال الکترونی از حالت برانگیخته به حالت پایدار است که بور وجود مدارها و نیز برانگیختگی و بازگشت الکترون را توجیه می‌کرد.

عبارت دوم (قابل توجیه نیست): وجود زیرلایه‌ها در داخل یک لایه در مدل کوانتوم (شرودینگر) می‌باشد. بور قادر به تحلیل آن نبود.

عبارت سوم (قابل توجه است): کاهش انرژی یونش فلزات (یا عناصر) یک گروه از بالا به پایین، بخاطر افزایش تعداد مدارهای اصلی (در یک گروه از بالا به پایین) و دوری الکترون از هسته می‌باشد که بور مدارهای اصلی را توجیه می‌کرد.

عبارت چهارم (قابل توجیه نیست): وجود زیرلایه و اوربیتال و نهایتا جهت‌گیری اوربیتال‌ها در مدار شرودینگر می‌باشد و بور قادر به توجیه نیست.

عبارت پنجم (قابل توجیه است): به دلیل انتقال الکترون در بین مدارهای مختلف (سطح انرژی‌های متفاوت) طول موج‌های مختلفی به صورت طیف نشری خطی حاصل می‌شود که بور قادر به توجیه طیف نشری می‌باشد. البته مدل بور انتقال‌های ریز که مربوط به انتقال الکترون بین زیرلایه‌ها است نمی‌توانست توجیه کند.

تست ۸۹: کدام گزینه درست نیست؟ (تجربی داخل ۹۲)

۱- هر بسته انرژی را یک کوآنتوم انرژی می‌گویند.
۲- هر فوتون، یک بسته انرژی است و مقدار انرژی آن به طول موج نور بستگی دارد.
۳- بور به هر تراز انرژی کوآنتیده عدد ویژه‌ای نسبت داد که عدد کوآنتومی اصلی نامیده شد.
۴- شرودینگر برای مشخص کردن هر یک از اوربیتال‌های یک اتم، از چهار عدد کوآنتومی n، l، m_l و m_s استفاده کرد.

جواب ۴: شرودینگر برای اتم، سه عدد کوانتومی در نظر گرفت. چهارمین عدد کوانتومی از آن پاولی و همکارانش است. عدد کوانتومی اصلی n را اولین بار بور استفاده کرده بود.

کوانتوم انرژی، یعنی بسته‌های انرژی، که هر بسته به صورت یک فوتون است.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

۱- دو – n – m_l ۲- دو – n و l ۳- سه – n، l و m_l ۴- چهار – n، l، m_l و m_s

جواب ۳: شرودینگر از سه عدد کوانتومی n، l و m_l استفاده کرده بود.

۱-۶- اصل آفبا و نحوه پر شدن الکترونها:

تاکنون در مورد ساختمان اتم صحبت می‌کردیم. یعنی انگار ساختمان خالی اتم را تشریح نمودیم و دیدیم که هر لایه چندین زیر لایه دارد که تعداد زیر لایه‌های هر لایه برابر شماره آن لایه است؛ بنابراین ترتیب قرارگیری زیر لایه‌ها در اطراف هسته به صورت زیر است:

(هسته+)۱s) ۲s ۲p) ۳s ۳p ۳d) ۴s ۴p ۴d ۴f) ۵s ۵p ۵d ۵f ۵g

به عنوان مثال در لایه چهارم، چهار زیر لایه ۴f ۴d ۴p ۴s وجود دارد. حال سوال این است که نحوه پر شدن الکترونها در زیر لایه‌ها به چه صورت است؟

انگار یه ساختمون ۷ طبقه داریم و هر طبقه چن واحد داره، هر واحدی چن تا اتاق داره و هر اتاقی دو تا تخت داره. حالا طی مراسمی قراره مهمونا یکی یکی بیان تو اتاقا بشینن. اینکه با چه الگویی مهمونا میان اتاقا رو پر میکنن از آفبا دستور گرفته میشه (نحوه اسکان دادن به اتم‌ها در ساختمان).

اگر برای رسم آرایش الکترونی سایر اتمها از اتم هیدروژن شروع کنیم و سپس به هسته یک پروتون و به لایه‌ها یک الکترون اضافه کنیم اتم‌های سنگین‌تر از هیدروژن به ترتیب عدد اتمی کنار هم قرار می‌گیرند.

به طور کلی زیرلایه‌ای زودتر پر می‌شود که سطح انرژی آن پایین‌تر و دارای پایداری بیشتری باشد و انرژی زیرلایه‌ها از جمع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی بدست می‌آید $(n+1)$، پس هرچه این مقدار کوچکتر باشد اوربیتال پایدارتر و اگر برای دو اوربیتال $(n+1)$ برابر باشد اوربیتالی زودتر پر می‌شود که n کوچکتری داشته باشد. پس طبق این قاعده ترتیب پر شدن زیر لایه ها عبارتست از:

$$1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p, \ldots$$

مثال: اوربیتال ۶s زودتر پر می‌شوند یا ۴f؟

جواب: برای زیر لایه‌های ۶s و ۴f داریم؛ $6s: n+l = 6+0 = 6$ و $4f: n+l = 4+3 = 7$؛ بدیهی است که اولویت پر شدن با ۶s است.

مثال: با توجه به اعداد اتمی داده شده به آرایش اوربیتالی الکترونی هر یک از عناصر زیر توجه کنید.

$Z = ۶: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۲$

$Z = ۱۰: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۶$

$Z = ۱۶: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۶\ ۳s^۲\ ۳p^۴$

$Z = ۲۰: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۶\ ۳s^۲\ ۳p^۶\ ۴s^۲$

$Z = ۴۱: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۶\ ۳s^۲\ ۳p^۶\ ۴s^۲\ ۳d^{۱۰}\ ۴p^۶\ ۵s^۲\ ۴d^۳$

$Z = ۵۳: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۶\ ۳s^۲\ ۳p^۶\ ۴s^۲\ ۳d^{۱۰}\ ۴p^۶\ ۵s^۲\ ۴d^{۱۰}\ ۵p^۵$

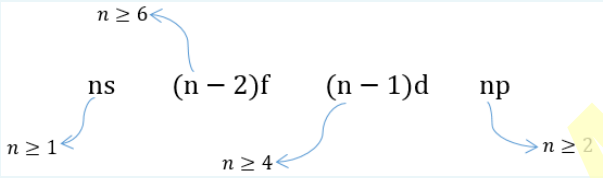
$Z = ۷۶: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۶\ ۳s^۲\ ۳p^۶\ ۴s^۲\ ۳d^{۱۰}\ ۴p^۶\ ۵s^۲\ ۴d^{۱۰}\ ۵p^۶\ ۶s^۲\ ۴f^{۱۴}\ ۵d^۶$

$Z = ۸۸: ۱s^۲\ ۲s^۲\ ۲p^۶\ ۳s^۲\ ۳p^۶\ ۴s^۲\ ۳d^{۱۰}\ ۴p^۶\ ۵s^۲\ ۴d^{۱۰}\ ۵p^۶\ ۶s^۲\ ۴f^{۱۴}\ ۵d^{۱۰}\ ۶p^۶\ ۷s^۲$

ShimiMoler
www.ShimiPedia.ir

همانطور که مشاهده می‌شود استفاده از روش معمولی برای نوشتن آرایش الکترونی سخت و وقت‌گیر است (مخصوصاً برای اعداد اتمی بالاتر)، بنابراین اولاً توصیه می‌شود به هیچ وجه آرایش الکترونی و ترتیب زیر لایه‌ها را حفظ نکنید و ثانیا اصلاً نوشتن آرایش الکترونی برای آزمونهای تستی و کنکوری لازم نیست. در زیر الگویی را خواهیم دید که ترتیب پر شدن زیر لایه‌ها را نشان می‌دهد که بر اساس اصل آفبا است و نهایتاً این الگو را با استفاده از انگشتان دست به یک روش سرعتی تبدیل می‌کنیم که حل اکثر تستهای شیمی دوم با همین روش خواهد بود.

روش منحصر به فرد ۲: یک قاعده کلی جهت پر کردن زیر لایه‌ها



نحوه استفاده از این الگو به این صورت است که ابتدا n = ۱ را قرار می‌دهیم. بدیهی است که برای این حالت فقط زیرلایه s را داریم. حال برای n = ۲ زیرلایه s و p را خواهیم داشت و اگر n = ۳ را قرار دهیم بازهم زیرلایه s و p را خواهیم داشت ... تا اینکه اگر n = ۶ را قرار بدهیم هر ۴ زیرلایه وارد عمل می‌شوند. توجه شود که این رابطه فرمول خاصی نیست، بلکه الگویی جهت ترتیب پر شدن زیر لایه‌های اتمها است. حال اگر در هر بار به n اعداد صحیح ۱ تا ۷ را بدهیم و زیر لایه‌های مربوط به هر n را پر کنیم جدول زیر حاصل می‌شود:

آخرین الکترون هر n	ترتیب زیر لایه ها در هر n	اولین الکترون هر n	شروع (n)
۲	s	۱	۱
۱۰	s, p	۳	۲
۱۸	s, p	۱۱	۳
۳۶	s, d, p	۱۹	۴
۵۴	s, d, p	۳۷	۵
۸۶	s, f, d, p	۵۵	۶
–	s, f, d, p	۸۷	۷

اگر هر n را بر روی یک انگشت دست تصور کنیم الگوی آفبا روی انگشتان دست نشان داده خواهد شد، به عنوان مثال روی انگشت چهارم زیر لایه‌های $4p$ $3d$ $4s$ را داریم و یا روی انگشت ششم $6p$ $5d$ $4f$ $6s$ را داریم.

تذکر ۱: با توجه به الگوی آفبا، بر روی هر انگشت (هر n) زیر لایه d، یک واحد کمتر و زیر لایه f دو واحد کمتر از شماره انگشت است. به عنوان مثال انگشت ششم را که با $6s$ شروع می‌شود زیر لایه بعدی چون f است ضریب آن دو واحد کمتر از ۶ خواهد بود (یعنی $4f$)، و نیز زیر لایه d یک واحد از شماره انگشت کمتر خواهد بود (یعنی $5d$).

تذکر ۲: توجه شود که هر انگشت یک لایه را نشان نمی‌دهد بلکه نحوه پر شدن زیر لایه‌ها را نشان می‌دهد. به عنوان مثال روی انگشت چهارم زیر لایه‌های $4p$ $3d$ $4s$ به ترتیب پر می‌شوند، در حالیکه (همانطور که در شبیه سازی ساختمان خالی اتم دیدیم) منظور از لایه چهارم $4f$ $4d$ $4p$ $4s$ است.

تذکر ۳: ترتیب قرار گیری زیر لایه‌ها (که در شبیه سازی ساختمان خالی اتم بود) با ترتیب و نحوه پر شدن زیرلایه‌ها (که در شبیه‌سازی نحوه پر شدن اتم با انگشتان دست و اصل آفبا ارتباط دارد) با هم متفاوت است.

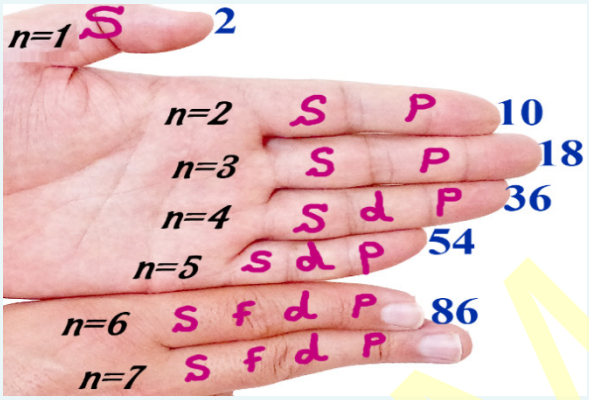
تذکر ۴: با توجه به شبیه سازی اصل آفبا روی انگشتان دست، بدیهی است که انگشت اول فقط s دارد، انگشتان دوم و سوم

www.ShimiPedia.ir
Shimi Moler

فقط s و p دارند، انگشتان چهار و پنج فقط s، p دارند و نهایتاً انگشتان شش و هفت s، f، d و p را دارند.

تذکر ۵: انتهای هر انگشت، شماره گاز نجیب است.

چگونگی رسم آرایش اوربیتالی الکترونی استفاده از گاز نجیب:



با توجه به شکل بالا هر ردیف را به یک انگشت دستمان نسبت می‌دهیم و عدد آخر هر ردیف یا انگشت را باید حفظ کنیم (توجه شود که این اعداد همان عددهای اتمی گازهای نجیب هستند) و با استفاده از قاعده کلی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱. اگر عدد اتمی عنصری ۳ تا ۱۰ باشد. ابتدا هلیم را می‌نویسیم و بعد n را برابر با ۲ قرار می‌دهیم (چون شماره انگشت بعد از هلیم ۲ است یا به عبارت دیگر شماره ردیف بعدی ۲ است) و سپس با استفاده از قاعده کلی بدیهی است که d و f مطرح نیست، پس فقط s و p را داریم.

$_{۸}A:[_{۲}He] / ۲s^{۲}\ ۲p^{۴}$

۲. اگر عدد اتمی عنصری ۱۱ تا ۱۸ باشد در داخل کروشه گاز نجیب نئون را نوشته (چون شماره انگشت بعد از نئون ۳ است پس ۳ = n) با استفاده از قاعده کلی بدیهی است که d و f مطرح نیست، پس در انگشت سوم فقط s و p داریم و ابتدا ۳s و سپس ۳p را پر می‌کنیم.

$_{۱۶}A:[_{۱۰}Ne] / ۳s^{۲}\ ۳p^{۴}$

اگر عدد اتمی عنصری ۱۹ تا ۳۶ باشد در داخل کروشه گاز نجیب آرگون را می‌نویسیم (چون شماره انگشت بعد از آرگون ۴ است پس ۴ = n) با استفاده از قاعده کلی بدیهی است که f مطرح نیست و در انگشت چهارم فقط s، d و p داریم پس ۴s بعد ۳d و بعد ۴p را پر می‌کنیم.

$_{۲۳}A:[_{۱۸}Ar]\ ۳d^{۳} / ۴s^{۲}$

تذکر: در نوشتن زیر لایه‌های d وf چون شماره لایه‌های اصلی آن از شماره زیر لایه‌های s و p کوچکتر است پس به هسته نزدیکتر هستند، برای همین با یک " / " زیر لایه‌های d و f را زودتر (نزدیکتر به هسته) می‌نویسیم، *این موضوع فقط به درد امتحان مدرسه می‌خوره*

۳. اگر عدد اتمی عنصری ۳۷ تا ۵۴ باشد در داخل کروشه گاز نجیب کریپتون را می‌نویسیم (چون شماره انگشت بعد از کریپتون، ۵ است پس ۵ = n). با استفاده از قاعده کلی بدیهی است که f باز هم مطرح نیست و ابتدا ۵s و سپس ۴d و بعد ۵p را پر می‌کنیم.

$_{۴۵}A:[_{۳۶}Kr]\ ۴d^{۷} / ۵s^{۲}$

۴. اگر عدد اتمی عنصری ۵۵ تا ۸۶ باشد در داخل کروشه گاز نجیب زنون را می‌نویسیم (چون شماره انگشت بعد از زنون ۶ است پس ۶ = n). با استفاده از قاعده کلی بدیهی است که هر چهار زیر لایه مطرح است و ابتدا ۶s و سپس ۴f و بعد ۵d و نهایتاً ۶p را پر می‌کنیم.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

$_{۸۱}A:[_{۵۴}Xe]\ ۴f^{۱۴}/\ ۵d^{۱۰}\ /\ ۶s^{۲}\ ۶p^{۱}$

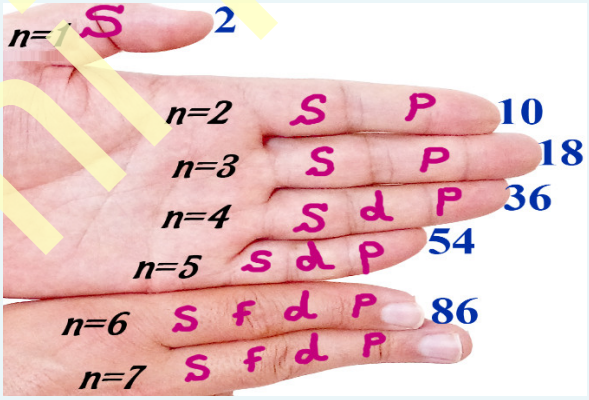
۵. اگر عدد اتمی عنصری ۸۷ تا ۱۱۸ باشد در داخل کروشه گاز نجیب رادون را می‌نویسیم (چون شماره انگشت بعد از رادون، ۷ است پس n = ۷). با استفاده از قاعده کلی بدیهی است که باز هم هر چهار زیر لایه مطرح است؛ ابتدا ۷s و سپس ۵f بعد ۶d و نهایتاً ۷p را پر می‌کنیم.

$_{۱۰۵}A:[_{۸۶}Rn]\ ۵f^{۱۴}/\ ۶d^{۳}\ /\ ۷s^{۲}$

توجه ویژه: از آنجایی که رسم آرایش الکترونی وقت گیر می‌باشد و نیز تحلیل اعداد کوانتومی از روی آرایش های الکترونی به خصوص در عددهای اتمی بالا خیلی وقت گیر و نیز دقت کمی دارد از این به بعد ۸۰٪ تستها با آخرین شبیه سازی انجام شده حل خواهد شد که با این تکنیک سخت‌ترین تستهای این فصل در کمتر از ۲۰ ثانیه جواب داده خواهد شد. با حل تستهای بیشتر تسلط بهتری به شبیه سازی بر روی انگشتان، خواهیم داشت.

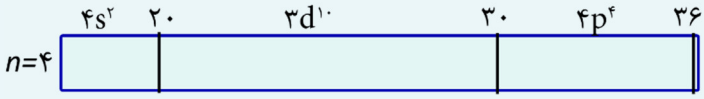
جهت درک حرفه‌ای و کنکوری شبیه سازی نحوه پر شدن الکترونها با انگشتان دست، به سوالات زیر در مورد اتم $_{۳۴}X$ توجه کنید:

قبل از اینکه به سوالات جواب بدهیم یکبار دیگر، زیر لایه‌ها را بر روی انگشتان خودتان تصور کنید:



۱) چند الکترون در لایه چهارم قرار گرفته است؟

جواب: ۶ از آنجایی که عدد اتمی عنصر، ۳۴ است بنابراین روی انگشت چهارم قرار دارد. حال اگر انگشت چهارم را به صورت $۴s\ \ ۳d\ \ ۴p$ تصور کنیم، چون عدد اتمی ۳۶ به $۴p^{۶}$ ختم شده است بنابراین عدد اتمی ۳۴ به $۴p^{۴}$ ختم می‌شود؛ یعنی $۴s^{۲}\ ۳d^{۱۰}\ ۴p^{۴}$ است. بدیهی است که لایه چهارم فقط $۴s$ و $۴p$ است که مجموعاً دارای ۶ الکترون می‌باشد، انگشت چهارم را می‌توان به صورت مقابل تصور کرد:



تذکر: اگر بخواهیم زیر لایه‌های هر انگشت را تصور کنیم بهتر است بعد از اتمام هر زیر لایه یک خط عمود قرار دهیم؛ مثلاً بعد از زیر لایه $۴s$، تعداد کل الکترونها ۲۰ می‌باشد، بنابراین بعد از $۴s$ عدد ۲۰ را می‌نویسیم (توجه شود که انتهای انگشت سوم ۱۸ است).

۲) چند الکترون دارای $l = ۱$ است؟

جواب: ۱۶ می‌دانیم که $l = ۱$ زیر لایه‌های p خواهد بود و چون روی انگشت اول، زیر لایه p نداریم و در اتم $_{۳۴}X$ روی انگشتان

ShimiMoler
www.ShimiPedia.ir

دوم و سوم زیر لایه p کاملاً پر است (هر کدام ۶ الکترون) و نیز در انگشت چهارم زیر لایه p دارای ۴ الکترون است پس مجموعاً ۱۶ الکترون در زیر لایه p وجود دارد.

تذکر: بر اساس اصل آفبا، تا وقتی که زیر لایه قبلی کاملاً پر نشده باشد به زیر لایه بعدی الکترون نخواهد رفت؛ مثلاً در این مثال در انگشتان دوم و سوم قطعاً زیر لایه‌های $2p$ و $3p$ کاملاً پر هستند.

۳) چند اوربیتال کاملاً پر شده است؟

جواب: ۱۶ با توجه به اصل آفبا روی انگشتان، اگر تا انتهای انگشت چهارم، همه زیر لایه‌ها کاملا پر شود (یعنی ۳۶ الکترون) در آن صورت ۱۸ اوربیتال کاملا پر خواهیم داشت (هر اوربیتال پر ۲ الکترون می‌گیرد) اما چون اتم $_{34}X$ به $4p^4$ ختم شده است، یعنی زیر لایه p به صورت $\uparrow\downarrow \; \uparrow \; \uparrow$ است، بنابراین دو اوربیتال نیمه‌پر وجود دارد و مجموعا ۱۶ اوربیتال کاملا پر داریم.

۴) چه تعداد الکترون دارای $l = 1 , m_l = 0$ دارد؟

جواب: ۵ می‌دانیم که $l = 1, m_l = 0$ در زیر لایه p، وسط هر زیر لایه می‌باشد $\uparrow\downarrow \; \uparrow \; \uparrow$، چون در انگشتان دوم و سوم وسط زیر لایه p پر است (۴ الکترون دارند) و نیز بر روی انگشت چهارم هم وسط زیر لایه p فقط یک الکترون دارد که مجموعاً ۵ الکترون می‌باشد.

۵) چند لایه کاملاً پر شده است؟

جواب: ۳ با تصور روی انگشت چهارم، عنصر $_{34}X$ به صورت $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$ است و چون زیر لایه 4p ناقص است و همینطور زیر لایه‌های 4d (که روی انگشت پنجم است) و 4f (که روی انگشت ششم است) خالی است؛ بنابراین لایه چهارم کاملاً پر نیست. اما لایه سوم که شامل $3s, 3p, 3d$ است و هر سه زیر لایه کاملاً پر شده است.

تذکر: باز تاکید می‌شود که هر انگشت، یک لایه را نشان نمی‌دهد.

۶) چه تعداد الکترون دارای $l = 0$ است؟

جواب: ۸ زیر لایه $l = 0$ یعنی s می‌باشد. از آنجایی که در هر چهار انگشت، زیر لایه s کاملاً پر است بنابراین ۸ الکترون دارای $l = 0$ است.

۷) چند بار از اصل هوند استفاده شده است؟

جواب: ۴ اصل هوند برای زیرلایه‌هایی که بیش از یک اوربیتال داشته باشد کاربرد دارد (یعنی برای زیر لایهs کاربرد ندارد) از آنجایی که تا انتهای انگشت چهارم ۸ زیر لایه داریم و ۴ زیر لایه مربوط به s است، بنابراین در چهار زیر لایه دیگر اصل هوند استفاده شده است.

۸) چند زیر لایه اشغال شده است؟

جواب: ۸ همانطور که گفتیم هرs، هر p، هر d و ... یک زیر لایه است بنابراین تا انتهای انگشت چهارم ۸ زیر لایه داریم که اشغال شده است.

۹) چه تعداد الکترون دارای $l = 2 , m_s = \frac{1}{2}$ است؟

جواب: ۵ می‌دانیم که $l = 2$ یعنی زیر لایه d و چون در اتم $_{34}X$ زیر لایه d فقط روی انگشت چهارم است که به صورت $3d^{10}$ کاملاً پر شده است، ۵ الکترون آن اسپین رو به بالا و ۵ الکترون دیگر اسپین رو به پایین یعنی $m_s = \frac{1}{2}$ را دارد؛ یعنی به

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

صورت $\uparrow\downarrow_{+۲}\ \uparrow\downarrow_{+۱}\ \uparrow\downarrow_{۰}\ \uparrow\downarrow_{-۱}\ \uparrow\downarrow_{-۲}$ است.

۱۰) مجموع m_l کل الکترونها چقدر است؟

جواب: ۱- اتم $_{۳۴}X$ به $۴p^{۴}\ ۳d^{۱۰}\ ۴s^{۲}$ ختم می‌شود که آخرین زیر لایه به صورت $\uparrow\downarrow_{+۱}\ \uparrow\downarrow_{۰}\ \uparrow\downarrow_{-۱}$ است. مجموع m_l الکترونها برابر ۱- می‌شود، چرا که در زیر لایه‌های پر و نیمه پر، m_l الکترونها همدیگر را خنثی می‌کنند.

تذکر: هر زیر لایه‌ای که کاملاً پر یا نیمه پر شود مجموع m_l الکترونهای آن، قطعاً صفر است، چرا که شماره اوربیتالهایی که m_l را نشان می‌دهد از $-l$ تا $+l$ است که اگر زیر لایه، کاملاً پر و یا دقیقاً نیمه‌پر باشد در آن صورت مجموع m_l ها همدیگر را خنثی می‌کنند. در چنین سوالاتی فقط به زیر لایه در حال پر شدن توجه می‌کنیم.

۱۱) مجموع m_s کل الکترونها چقدر است؟

جواب: ۱ هر زیر لایه‌ای که کاملا پر باشد مجموع m_s الکترونها برابر صفر می‌شود، چرا که اسپین‌های رو به بالا با اسپین‌های رو به پایین همدیگر را خنثی می‌کنند. از آنجایی که اتم $_{۳۴}X$ به صورت $\uparrow\downarrow_{+۱}\ \uparrow\downarrow_{۰}\ \uparrow\downarrow_{-۱}$ ختم شده است بنابراین فقط دو الکترون منفرد دارد و مجموع m_s آنها برابر ۱ می‌شود $\frac{۱}{۲}+\frac{۱}{۲}=۱$.

تذکر: در هیچ اتمی، به هیچ وجه مجموع m_l الکترونها مثبت نمی‌شود (چرا که از سمت l شروع می‌شود) و نیز در هیچ اتمی به هیچ وجه مجموع m_s الکترونها منفی نمی‌شود (چرا که ابتدا $m_s=+\frac{۱}{۲}$ ها را قرار می‌دهیم).

۱۲) مجموع عدد کوانتومی اصلی الکترونهای زیر لایه d، چند برابر تعداد الکترونهای $n=۳, l=۱$ است؟

جواب: ۵ منظور از عدد کوانتومی اصلی همان n است که در اتم $_{۳۴}X$، چون زیر لایه $۳d$ کاملاً پر است، و در هر الکترون هم $n=۳$ است بنابراین مجموع n الکترونهای زیر لایه $۳d$ برابر ۳۰ می‌باشد. تعداد الکترونهای $n=۳$ و $l=۱$ همان $۳p$ است که دارای ۶ الکترون می‌باشد؛ $\frac{۳۰}{۶}=۵$

مثال: عدد اتمی عنصری ۳۳ است. این عنصر دارای چند لایه اصلی، چند لایه فرعی و چند اوربیتال اشغال شده است ؟

پاسخ: موقعیت عدد اتمی ۳۳ روی انگشت چهارم است، بنابراین چون انتهای انگشت چهارم $۴p^{۶}$ است پس ۳۳ روی $۴p^{۳}$ قرار دارد. بنابراین با تصور انگشت ۱ الی ۴ داریم:

تعداد لایه الکترونی: ۴

تعداد لایه فرعی: ۸ ، چرا که روی انگشت اول s داریم، روی انگشت دومی s,p، روی سومی s,p و روی چهارمی s,p,d که همگی اشغال شدند.

تعداد اوربیتال: اگر تا انتهای انگشت چهارم همه اوربیتالها پر باشند ۳۶ الکترون یا همان ۱۸ اوربیتال پر داریم، ۳۳ الکترون هم ۱۸ اوربیتال را اشغال می‌کند (سه اوربیتال نیمه پر خواهیم داشت).

ممنوعیت $d^{۴}$ و $d^{۹}$ و تکنیک شبیه‌سازی:

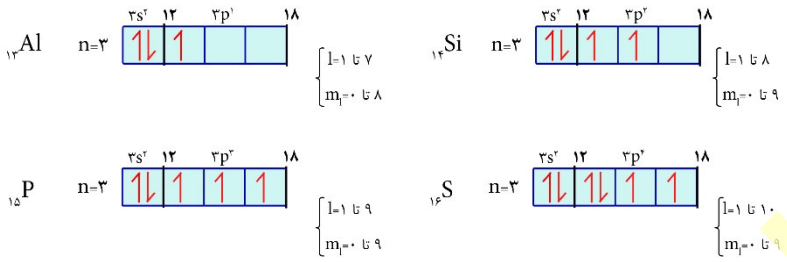
می‌دانیم که اشکال متقارن‌تر پایداری بیشتری دارند؛ یعنی شکلی که قسمتهای مختلف آن یکنواخت باشد پایداری بیشتری دارد.

در آرایش اتمی عنصر $_{۲۴}Cr$ انتظار می‌رود بر اساس اصل آفبا آرایش الکترونی $۴s^{۲}۳d^{۴}$ باشد اما از آنجایی که در $۳d^{۴}$، اوربیتال $m_l=+۲$ خالی است ولی سایر اوربیتالها الکترون منفرد دارند، زیر لایه ۳d حالت نامتقارن دارد و ناپایدار است،

www.ShimiPedia.ir

۱- $_{13}Al$ ۲- $_{14}Si$ ۳- $_{15}P$ ۴- $_{16}S$

جواب ۳: بر روی انگشت اول فقط s و در روی انگشت دوم s و p را داریم، بنابراین در همه گزینه‌ها تا آخر انگشت دوم، ۶ الکترون با $l = 1$ و ۶ الکترون نیز دارای $m_l = 0$ می‌باشد. حال در ادامه انگشت سوم را به صورت مقابل شبیه‌سازی می‌کنیم:



اختلاف بین تعداد الکترونهای با $l = 1$ با $m_l = 0$ برای اتم فسفر برابر صفر است.

تست ۱۰۳: با توجه به جدول زیر که عدد کوانتومی برخی اوربیتالهای اتمی را نشان می‌دهد. کدام زیرلایه زودتر از بقیه با الکترون اشغال شده است؟

ردیف	n	l	m_l
۱	۶	۰	۰
۲	۴	۳	-۱
۳	۴	۲	-۲
۴	۵	۲	۰

۱- d
۲- p
۳- s
۴- f

جواب ۱: با توجه به اعداد کوانتومی می‌توان گفت که ردیف ۱ تا ۴ جدول بالا به ترتیب زیرلایه‌های ۶s، ۴f، ۴d و ۵d را نشان می‌دهند. بدیهی است که ۴d بر روی انگشت پنجم یعنی $n = 5$ پر شده است، در حالی که سه زیر لایه دیگر بر روی انگشت ششم یعنی $n = 6$ پر شده‌اند.

تذکر: در این تست می‌توان از الگوی $n + l$ هم جهت تعیین انرژی زیر لایه‌ها استفاده کرد.

تست ۱۰۴: ترتیب سطح انرژی موارد زیر چگونه است؟

A) آخرین الکترون اتم خنثی که دارای ۳۲ پروتون است.

B) الکترونی با اعداد کوانتومی $n=3$ و $l=2$ و $m_l=0$ و $m_s=\frac{-1}{2}$.

C) بیرونی‌ترین الکترون $_{27}Co$.

D) الکترونی با اعداد کوانتومی $n=4$ و $l=1$ و $m_l=+1$ و $m_s=\frac{-1}{2}$.

۱- $A > D > C > B$ ۲- $D > A > B > C$ ۳- $C > A > D > B$ ۴- $B > D > C > A$

جواب ۲:

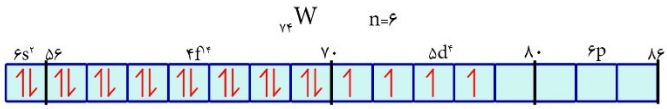
تحلیل A: عنصر خنثی‌ای که ۳۲ پروتون داشته باشد ۳۲ الکترون دارد. چون انتهای انگشت چهارم به ۳۶ ختم شده است ($4p^6$)، بنابراین عدد اتمی ۳۲ به $4p^2$ ختم می‌شود.

تحلیل B: الکترونی با اعداد کوانتومی $n=3$ و $l=2$ و $m_l=0$ و $m_s=\frac{-1}{2}$ همان $3d^8$ است.

تحلیل C: $_{27}Co$ که در روی انگشت چهارم قرار دارد به صورت $4s^2 3d^7$ است و منظور از بیرونی‌ترین الکترون $4s$ می‌باشد.

ShimiModer
www.ShimiPodia.ir

جواب ۳: چون عدد ۷۴ بین اعداد ۵۴ و ۸۶ است بنابراین باید انگشت ششم را تصور کنیم. با ورود به انگشت ششم ابتدا ۶s و سپس ۴f پر می‌شود و تا اینجا به ۷۰ الکترون می‌رسیم، و اگر ۴ الکترون هم به ۵d وارد شود به ۷۴ یعنی عنصر $_{۷۴}W$ می‌رسیم.

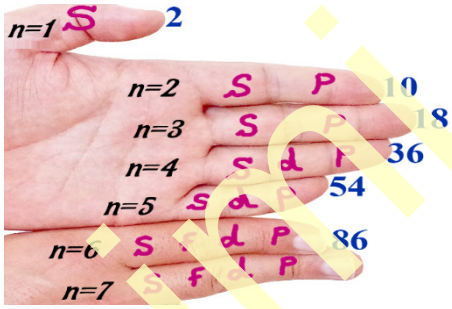


چون این عنصر به d ختم شده است جزء عناصر واسطه خارجی است نه دسته s.

تذکر مهم: با اینکه این عنصر به d^4 ختم می‌شود ولی مانند کروم و مولیبدیم استثنا نیست، یعنی عملاً آرایش الکترونی $۴f^{۱۴}\ ۵d^۴\ ۶s^۲$ وجود دارد. دلیل آن این است که طبق نظریه بور اختلاف انرژی بین تراز ۵ و ۶ آنچنان زیاد نیست که الکترون ۶s را به ۵d ترجیح دهد.

گزینه ۱: چنانچه از شکل هم بدیهی است زیر لایه ۴f کاملاً از الکترون پر شده است و در لایه آخر آن که همان لایه ششم است فقط دارای ۲ الکترون در ۶s می‌باشد.

گزینه ۲: اوربیتال‌هایی با $l = ۱$ و $m_l = ۰$ همان وسط زیر لایه‌های p می‌باشد و چون روی انگشت ششم هستیم و در انگشت ششم به p نرسیدیم ولی انگشتهای ۲ الی ۵ هر یک دارای یک زیر لایه p پر است بنابراین ۴ زیر لایه p داریم که کاملاً پر هستند و وسط‌های آن یعنی $m_l = ۰$ هم پر هستند.



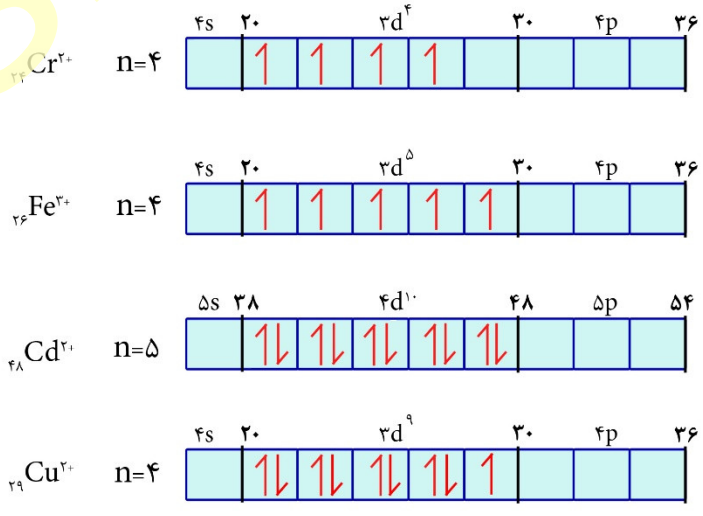
گزینه ۴: حالا تصور کنید روی هر انگشت چند زیر لایه داریم:

اگر شکل را خوب شبیه‌سازی کرده باشید متوجه می‌شوید که تا آخر انگشت پنجم، ۱۱ زیر لایه پر از الکترون شده است، و نیز در انگشت ششم هم ۶s ، ۴f و ۵d پر از الکترون هستند، و نهایتاً ۱۳ زیر لایه کاملاً پر داریم.

تست ۱۱۸: تعداد اوربیتالهای نیمه پر در کدامیک از گونه‌های زیر بیشتر است؟

۱- $_{۲۴}Cr^{۲+}$ ۲- $_{۲۶}Fe^{۳+}$ ۳- $_{۴۸}Cd^{۲+}$ ۴- $_{۲۹}Cu^{۲+}$

جواب ۲: هر وقت یونی از یک عنصر تشکیل شود ابتدا الکترونهای ۴s خود را از دست می‌دهد و بعد الکترونهای ۳d را از دست می‌دهد. هر چند که موقع گرفتن الکترون ابتدا ۴s و بعد ۳d الکترون می‌گیرد. بین ۵s و ۴d هم چنین وضعیتی وجود دارد. در فصل بعدی در این مورد بیشتر بحث می‌شود.



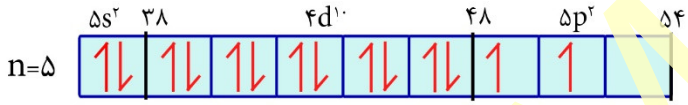
چنانچه بدیهی است در $Fe^{۳+}$ پنج اوربیتال نیمه پر وجود دارد ولی در بقیه موارد کمتر از پنج می‌باشد، و یون کادمیم اوربیتال نیمه پر ندارد. توجه شود که در همه گونه‌ها آخرین لایه (یعنی s) خالی است، این یعنی الکترونهای s را از دست داده است چرا که کاتیون عناصر مد نظر سوال است.

ShimiMoler
www.ShimiPedia.ir

تست ۱۱۹: کدام گزینه درست است؟

۱- اتمی که در لایه پنجم خود تنها یک الکترون داشته باشد در زیر لایه $l = ۲$ حتماً ۵ یا ۱۰ الکترون دارد.
۲- اتمی که آخرین الکترون آن زیر لایه d از لایه پنجم را کاملاً پر کند ۱۰ الکترون با $l = ۰$ دارد.
۳- آرایش نموداری اتم $_{۷}N$ به صورت $۱s^{۲}/۲s^{۲}\ ۲p^{۳}$ می‌باشد که ۵ الکترون با $m_l = ۰$ دارد.
۴- اتم $_{۵۰}Sn$ ۲۱ الکترون با $m_l = ۰$ دارد.

جواب ۴: اتم $_{۵۰}Sn$ بر روی انگشت پنجم است و چون عدد اتمی ۵۴ به $۵p^{۶}$ ختم می‌شود بنابراین عدد اتمی ۵۰ هم به $۵p^{۲}$ ختم خواهد شد. حال وسط هر زیرلایه دارای $m_l = ۰$ می‌باشد، بنابراین با تصور زیر لایه‌ها در هر انگشت متوجه می‌شویم که تا انتهای انگشت چهارم ۸ اوربیتال با $m_l = ۰$ وجود دارد (۱۶ الکترون تا انتهای انگشت چهارم $m_l = ۰$ دارند). و نیز در انگشت پنجم هم، ۵s و ۴d دارای ۴ الکترون با $m_l = ۰$ است و یک الکترون هم در ۵p دارای $m_l = ۰$ می‌باشد، و نهایتاً ۲۱ الکترون $m_l = ۰$ دارد.



گزینه ۱: روی انگشت پنجم در سه حالت (نه دو حالت) $۵s^{۱}$ وجود دارد. حالت اول همان عنصر با عدد اتمی ۳۷ است. حالت دوم استثنای عدد اتمی ۴۲ است که در این صورت انگشت پنجم به صورت $۵s^{۱}\ ۴d^{۵}$ است و حالت سوم استثنای عدد اتمی ۴۷ می‌باشد، و در این صورت انگشت پنجم به صورت $۵s^{۱}\ ۴d^{۱۰}$ خواهد بود.

گزینه ۲: اتمی که آخرین الکترون آن زیر لایه d از لایه پنجم را کاملاً پر کند یعنی به $۵d^{۱۰}$ ختم شود. در این صورت با تصور انگشت ششم می‌توان نتیجه گرفت که روی هر انگشت، یک زیر لایه s پر شده است. بنابراین ۶ اوربیتال s پر از الکترون داریم و نهایتاً ۱۲ الکترون دارای $l = ۰$ است.

گزینه ۳: آرایش نوشتاری (نه نموداری) اتم $_{۷}N$ به صورت $۱s^{۲}/۲s^{۲}\ ۲p^{۳}$ می‌باشد و چون وسط هر زیر لایه دارای $m_l = ۰$ است بنابراین ۵ الکترون با $m_l = ۰$ دارد.

تست ۱۲۰: در آرایش الکترونی اتم $_{۲۷}Co$ آخرین الکترون در زیر لایه‌ی ..... قرار دارد و در اتم $_{۲۲}Ti$ آخرین الکترون به زیر لایه‌ی ..... وارد می‌شود.

۱- $۴s - ۳d$ ۲- $۳d - ۴s$ ۳- $۳d - ۳d$ ۴- $۴s - ۴s$

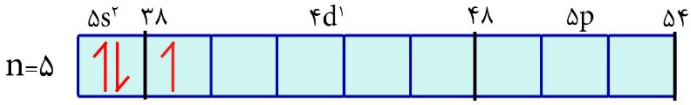
جواب ۲: در عناصر واسطه با اینکه الکترون به d و یا f وارد می‌شود ولی آخرین لایه الکترونی حتما s می‌باشد چرا که آخرین زیر لایه یا آخرین الکترون قرار گرفته، دورترین الکترون نسبت به هسته را می‌گویند (بیشترین n را داشته باشد)؛ بنابراین در اتم فلزات واسطه آخرین الکترون در ۴s قرار دارد ولی به ۳d وارد می‌شود.

تست ۱۲۱: تعداد الکترون‌های لایه اصلی سوم عنصری دو برابر تعداد الکترون‌های لایه اصلی چهارم آن است. عدد اتمی آن چقدر است؟

۱- ۲۱ ۲- ۳۹ ۳- ۳۱ ۴- ۴۹

www.ShimiPedia.ir

جواب ۲: با تفکر عمیق به این تست متوجه می‌شویم که اگر ۱۸ الکترون در لایه سوم ۳s,۳p,۳d باشد باید ۹ الکترون در لایه چهارم یعنی در ۴s,۴p,۴d,۴f وجود داشته باشد، بنابراین این اتم باید به $4d^1$ ختم شود تا با ۸ الکترون موجود در ۴s و ۴p به ۹ الکترون برسد. بنابراین با تصور انگشت پنجم می‌توان گفت که پس از ۵s به ۴d می‌رسیم. یعنی عدد اتمی به ۳۹ می‌رسد.



تست ۱۲۲: اتم A در لایه ظرفیت خود، یک اوربیتال نیمه‌پر و ۵ الکترون با $m_s = +\frac{1}{2}$ دارد، و $n = 3, l = 2, m_s = -\frac{1}{2}$ دارد، و $n = 4, l = 1$ خالی می‌باشد. چند مورد از عبارتهای زیر در مورد اتم A نادرست است؟

آ) مجموع m_l الکترونهای آن صفر است.

ب) تعداد الکترونهای $m_l = +1$ در آن برابر ۴ است.

پ) در گونه A^{2+}، مجموع m_s الکترونها برابر ۱ است.

ت) این عنصر ۸ الکترون با $l = 0$ دارد.

۱- ۰ ۲- ۱ ۳- ۲ ۴- ۳

جواب ۴: با توجه به اینکه اتم A دارای ۵ الکترون در زیر لایه ۳d با $m_s = -\frac{1}{2}$ است بنابراین $3d^{10}$ پر می‌باشد و چون در لایه ظرفیت فقط یک اوربیتال نیمه‌پر دارد و زیر لایه p هم از لایه چهارم اشغال نشده است بنابراین $4s^1$ است که همان $_{29}Cu$ می‌باشد.

تحلیل آ (درست است): در اتم $_{29}Cu$ آرایش الکترونی $4s^1 3d^{10}$ دارد چون فقط $4s^1$ نیمه‌پر است و m_l آن هم صفر است (در همه زیر لایه‌های پر و نیمه‌پر مجموع m_l قطعاً برابر صفر است).

تحلیل ب (نادرست است): $m_l = +1$ در زیر لایه‌های p و d وجود دارد و چون روی انگشتان دوم و سوم دو زیر لایه p وجود دارد و نیز روی انگشت چهارم ۳d هم پر است بنابراین در مجموع ۶ الکترون دارای $m_l = +1$ است.

تحلیل پ (نادرست است): اتم $_{29}Cu$ با از دست دادن ۲ الکترون، آرایش $3d^9$ دارد، بنابراین تنها یک الکترون منفرد دارد که مجموع m_s در آن برابر $-\frac{1}{2}$ است. (در همه زیر لایه‌های پر مجموع m_s قطعاً برابر صفر است).

تحلیل ت (نادرست است): اتم $_{29}Cu$ با آرایش الکترونی $4s^1 3d^{10}$ دارای ۷ الکترون با $l = 0$ می‌باشد.

تست ۱۲۳: اتم A در لایه ظرفیت خود دارای ۵ الکترون با $n = 3, l = 2, m_s = -\frac{1}{2}$ و اتم B در لایه ظرفیت خود دارای ۵ الکترون با $n = 3, l = 2, m_s = +\frac{1}{2}$ است. اگر هر دو اتم در آخرین زیر لایه خود یک اوربیتال نیمه‌پر داشته باشند، نسبت مجموع m_s الکترونهای B به مجموع m_s الکترونهای A چقدر است؟

۱- ۶ ۲- ۳ ۳- $\frac{1}{2}$ ۴- ۲

جواب ۱: با توجه به صورت سوال، اتم A به $3d^{10}$ ختم شده است چرا که ۵ الکترون در ۳d با اسپین $m_s = -\frac{1}{2}$ باشد قطعاً اسپین‌های $m_s = +\frac{1}{2}$ را هم خواهد داشت. اتم B به $3d^5$ ختم شده است و چون در هر دو اتم، لایه آخر یعنی $4s$ یک الکترون دارد پس داریم:

مس A: $4s^1 3d^{10}$ کروم B: $4s^1 3d^5$

مجموع m_s اتم A برابر $+\frac{1}{2}$ و مجموع m_s اتم B برابر ۳ است (۶ الکترون روبه بالا) نسبت ۳ به $+\frac{1}{2}$ برابر ۶ خواهد بود.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

تست ۱۲۴: کدام گزینه نادرست است؟

۱- شمار الکترونهای دارای عدد کوانتومی $n = ۵, m_l = ۰$ در اتم $_{۵۱}X$ با مجموع m_s الکترونهای $_{۲۴}Cr$ برابر است.

۲- یونهای $^{۷۵}_{۳۳}X^{۳-}$ و $^{۸۹}_{۳۹}Y^{۳+}$ آرایش الکترونی یکسانی دارند و تفاوت نوترون‌های این دو ذره ۸ واحد است.

۳- تعداد الکترونهای منفرد در $Cu^{۲+}$ با مجموع عدد کوانتومی مغناطیسی اسپینی $_{۳۴}Se$ برابر است.

۴- در اتم $_{۵۰}Sn$، نسبت تعداد الکترونهای $l = ۰$ به تعداد اوربیتالهای نیمه پر ۲ می‌باشد.

جواب ۴: اتم $_{۵۰}Sn$ روی انگشت پنجم است. چون ۵۰ به $5p^۶$ ختم شده است پس ۵۲ هم به $5p^۲$ ختم می‌شود. تا انگشت پنجم، هر زیرلایه s دو الکترون دارد که در مجموع ۱۰ الکترون با l=۰ وجود دارد. تعداد اوربیتالهای نیمه‌پر در $5p^۲$ برابر دو می‌باشد، پس نسبت تعداد الکترونهای $l = ۰$ به بخ تعداد اوربیتالهای نیمه‌پر ۵ (نه ۲) می‌باشد.

گزینه ۱: اتم $_{۵۱}X$ به $5p^۳$ ختم می‌شود و چون وسط زیر لایه‌های $n = ۵$ مد نظر می‌باشد ۳ الکترون دارای m_l=۰ و n=۵ است (وسط 5s, 5p) و نیز در اتم $_{۲۴}Cr$ که آرایش الکترونی $4s^۱3d^۵$ دارد، ۶ الکترون اسپین $+\frac{۱}{۲}$ دارند که مجموع m_s برابر ۳ می‌شود.

گزینه ۲: اتم $_{۳۳}X$ با گرفتن ۳ الکترون به آرایش گاز کریپتون (انتهای انگشت چهارم) و $_{۳۹}Y$ با از دست دادن ۳ الکترون هم به آرایش کریپتون می‌رسد. با توجه به $^{۷۵}_{۳۳}X^{۳-}$ و $^{۸۹}_{۳۹}Y^{۳+}$ بدیهی است که تعداد نوترونهای X و Y به ترتیب ۴۲ و ۵۰ است که تفاوت نوترون‌های این دو ذره ۸ واحد است.

گزینه ۳: اتم $_{۲۹}Cu$ آرایش $4s^۱3d^{۱۰}$ را دارد و $Cu^{۲+}$ آرایش $3d^۹$ را دارد که تعداد الکترون‌های منفرد آن برابر ۱ است. و نیز در اتم $_{۳۴}Se$ که به $4p^۴$ ختم شده است دو الکترون منفرد وجود دارد که مجموع m_s آنها برابر ۱ است.

تست ۱۲۵: در اتم کدام عنصر (به ترتیب از راست به چپ)، شمار الکترون‌های زیرلایه‌های 3d و 3p برابر و در اتم کدام عنصر، شمار الکترون‌های زیرلایهٔ 3d با شمار الکترون‌های زیرلایهٔ 4s برابر است؟ (ریاضی خارج ۹۵)

۱- $_{۲۶}Fe$ و $_{۲۲}Ti$

۲- $_{۲۶}Fe$ و $_{۲۴}Cr$

۳- $_{۲۴}Cr$ و $_{۲۵}Mn$

۴- $_{۲۴}Cr$ و $_{۲۲}Ti$

جواب ۱: براساس اصل آفبا و شبیه‌سازی آن روی انگشتان، می‌دانیم که ابتدا 3p و سپس در انگشت چهارم، 4s و 3d پر می‌شود. تنها در حالتی الکترون‌های 3p با 3d می‌توانند برابر باشند که به $3d^۶$ ختم شوند (چرا که قطعاً $3p^۶$ را داریم که الکترون به 4s و نهایتاً 3d می‌رسد) که در $3p^۶$ (انتهای انگشت سوم) ۱۸ الکترون داریم و با $4s^۲3d^۶$ نهایتاً ۲۶ الکترون می‌شود.

زیرلایه 4s پر می‌شود بعد نوبت 3d می‌شود، فقط درحالتی 4s و 3d باهم الکترون برابری دارند که $4s^۲3d^۲$ باشد یعنی مجموعاً ۲۲ الکترون داشته باشیم.

تست ۱۲۶: آخرین الکترون در اتم عنصر $_{۱۷}X$ با آخرین الکترون در اتم عنصر $_{۵۳}Y$ در کدام مورد تفاوت دارد؟ (ریاضی ۹۵ خارج)

۱- n

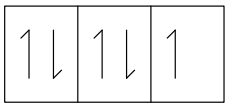
۲- l

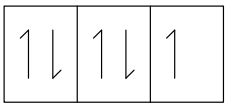
۳- m_s

۴- m_l

جواب ۱: می‌دانیم که عدد اتمی ۱۷ به آرایش $3p^۵$ (انتهای انگشت سوم) و نیز عدد اتمی ۵۳ به آرایش $5p^۵$ (انتهای انگشت پنجم) ختم می‌شود. بدیهی است که تنها n این دو آرایش نسبت به هم متفاوت است.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

$۵p^۵$: 

$۳p^۵$: 

تست ۱۲۷: بیست و یکمین الکترون اتم $_{۲۵}Mn$ طبق اصل آفبا، دارای کدام مجموعه از عددهای کوانتومی است؟ (ریاضی ۹۵ داخل)

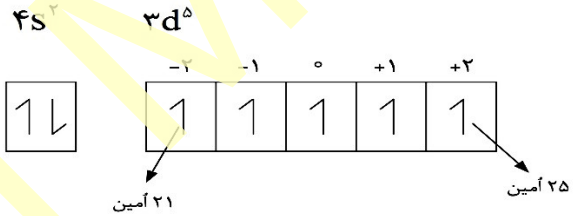
۱- $n=۳$ ،$l=۲$ ،$m_l=-۱$ ،$m_s=+\frac{۱}{۲}$

۲- $n=۳$ ،$l=۲$ ،$m_l=-۲$ ،$m_s=+\frac{۱}{۲}$

۳- $n=۴$ ،$l=۳$ ،$m_l=-۱$ ،$m_s=\frac{۱}{۲}$

۴- $n=۴$ ،$l=۳$ ،$m_l=-۲$ ،$m_s=\frac{۱}{۲}$

جواب ۲: با تصور انگشت چهارم، اتم $_{۲۵}Mn$ به صورت $۴s^۲۳d^۵$ است و بیست و یکمین الکترون آن به صورت زیر است (انگار $۳d^۱$ است).



تست ۱۲۸: آرایش الکترونی کاتیون $_{۳۰}^{۶۵}Zn^{۲+}$ به ترتیب از راست به چپ با آرایش الکترونی کدام گونه یکسان بوده و شمار نوترون‌های آن با کدام گونه برابر است؟ (ریاضی ۹۴ خارج)

۱- $_{۳۲}Ge^{۲+}$ ، $_{۲۷}^{۶۰}Co^{۲+}$

۲- $_{۳۲}Ge^{۲+}$ ، $_{۲۹}^{۶۴}Cu^{+}$

۳- $_{۳۱}Ga^{۳+}$ ، $_{۲۷}^{۶۰}Co^{۲+}$

۴- $_{۳۱}Ga^{۳+}$ ، $_{۲۹}^{۶۴}Cu^{+}$

جواب ۴ : با تصور انگشت چهارم، اتم $_{۳۰}^{۶۵}Zn$ دارای آرایش الکترونی $۴s^۲۳d^{۱۰}$ است و با از دست دادن ۲ الکترون به $۳d^{۱۰}$ می‌رسد.

اتم $_{۳۱}Ga$ که به صورت $۴s^۲۳d^{۱۰}۴p^۱$ است با از دست دادن ۳ الکترون به $۳d^{۱۰}$ می‌رسد.

اتم $_{۳۰}^{۶۵}Zn^{۲+}$ دارای ۳۵ نوترون و گونه $_{۲۹}^{۶۴}Cu^{+}$ نیز دارای ۳۵ نوترون است.

تست ۱۲۹: جمع جبری عددهای کوانتومی m_l الکترون‌های کاتیون، در کدام دو ترکیب داده شده برابر است؟ (تجربی ۹۴ داخل)

۱- $_{۲۵}MnO$, $_{۲۶}FePO_۴$

۲- $_{۲۸}Ni(CN)_۲$, $_{۲۶}CuSO_۴$

۳- $_{۲۴}CrO_۳$, $_{۲۲}TiCl_۳$

۴- $_{۲۷}CoCl_۳$, $_{۲۳}V_۲O_۳$

جواب ۱: مجموع m_l زیرلایه‌های پر و نیمه پر قطعا صفر است، بنابراین فقط به زیرلایه‌های در حال پر شدن توجه می‌کنیم.

گزینه ۱: $Fe^{۳+}$: اتم $_{۲۶}Fe$ دارای آرایش الکترونی $۴s^۲۳d^۶$ که با از دست دادن سه الکترون به $۳d^۵$ می‌رسد.

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

جواب ۴: سدیم جامد ابتدا باید به گاز تبدیل شود؛ یعنی مقداری انرژی جهت تصعید صرف می‌شود و سپس مقداری انرژی دیگر هم جهت نخستین یونش صرف می‌شود.

تعریف انرژی دومین یونش: مقدار انرژی لازم برای جدا کردن سست ترین الکترون از آخرین لایه یک یون یک بار مثبت گازی شکل و تبدیل آن به یون دو بار مثبت گازی شکل را انرژی دومین یونش می‌گویند. انرژی دومین یونش را با $IE_۲$ نشان می‌دهند

مثال: کدامیک از فرایندهای زیر بیانگر پدیده دومین انرژی یونش است؟

۱- $X_{(g)} + e^- \rightarrow X^-_{(g)}$

۲- $X_{(g)} \rightarrow X^+_{(g)} + e^-$

۳- $X^+_{(g)} \rightarrow X^{۲+}_{(g)} + e^-$

۴- $X^+_{(g)} + e^- \rightarrow X_{(g)}$

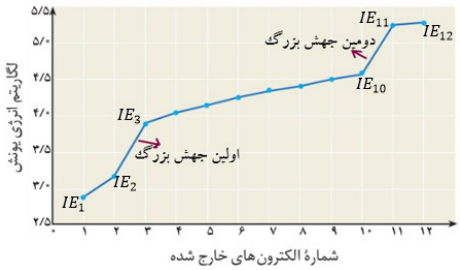
جواب ۳: در انرژی دومین یونش از یون یک بار مثبت الکترون گرفته می‌شود و یون دو بار مثبت ایجاد می‌شود.

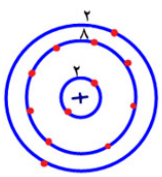
یونش‌های متوالی:

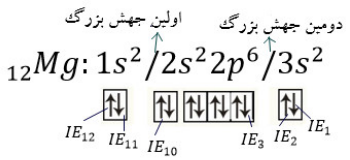
اگر بخواهیم تمام الکترونهای یک اتم را به صورت متوالی جدا کنیم، وقتی از اتمی الکترون کَنده می‌شود تمرکز هسته (بار مثبت) بر روی الکترونهای باقی مانده بیشتر خواهد شد، بنابراین با کَندن هر الکترون، انرژی لازم برای کَندن الکترون بعدی بیشتر خواهد بود. به عبارت بهتر انرژی‌های یونش متوالی یک عنصر سیر صعودی دارند؛ یعنی کمترین مقدار آن مربوط به $IE_۱$ است. در حالی که تعداد پروتونهای هسته ثابت باقی مانده است با جدا شدن الکترون تمرکز هسته بر الکترون های باقیمانده بیشتر می‌شود؛ مثلاً برای اتمی که n الکترون داشته باشیم داریم:

$$IE_۱ < IE_۲ < \ldots < IE_n$$

در یونش های متوالی یک اتم با تغییر لایه الکترونی، مقدار انرژی لازم (انرژی یونش) برای کندن الکترون بسیار بیشتر می‌شود؛ یعنی جهش بزرگی در انرژی یونش مشاهده می‌شود. به عنوان مثال در اتم $_{۱۲}Mg$ (که روی انگشت سوم است) با جدا شدن دو الکترون $۳s^۲$ (سست‌ترین یا دورترین الکترونها نسبت به هسته) از لایه سوم به لایه دوم می‌رسیم. حال اگر بخواهیم سومین الکترون را جدا کنیم، چون از لایه دوم جدا می‌شود (لایه دوم هم به هسته نزدیکتر است و نیروی جاذبه بیشتری دارد) بنابراین انرژی لازم برای جدا کردن سومین الکترون بسیار بیشتر می‌شود (یک جهش مشاهده خواهد شد). با ادامه جدا کردن الکترونها از لایه دوم وقتی که دهمین الکترون اتم جدا می‌شود تمام الکترونهای لایه سوم و دوم تمام خواهند شد (۲ الکترون لایه دوم و نیز ۸ الکترون لایه دوم جدا شدند) موقع جدا کردن یازدهمین الکترون باز یک جهش بزرگ خواهیم داشت چرا که از لایه دوم به لایه اول می‌رسیم. نتیجه اینکه با تغییر لایه، جهش بزرگ مشاهده می‌شود. مثلاً در منیزیم چون سه لایه داریم پس دو جهش بزرگ خواهیم داشت.







اگر در انرژی‌های یونش‌های متوالی یک عنصر، بجای نمودار (انرژی یونش بر حسب شمار الکترونهای خارج شده) مقادیر عددی انرژی یونش را بدهند، در هر یونشی که مقدار انرژی یونش ۳/۵ الی ۴ برابر تغییر کند نشان دهنده جهش بزرگ است. به عنوان مثال مقادیر انرژی‌های یونش متوالی منیزیم به صورت اعداد زیر می‌باشند:

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

اولین جهش بزرگ ↑ دومین جهش بزرگ ↑

۷۳۴، ۱۳۸۰ / ۷۹۰۰، ۱۰۵۰۰، ۱۴۳۰۰، ۱۷۸۰۰، ۲۰۲۰۰، ۲۵۱۰۰، ۳۱۶۰۰، ۴۰۸۰۰ / ۱۵۹۰۰۰، ۱۷۲۰۰۰

IE_1 IE_2 IE_3 IE_{10} IE_{11} IE_{12}

توجه شود که اعداد بالا همان مقادیر محور y (عمودی) نمودار می‌باشد که با توان ۱۰ محاسبه شده است.

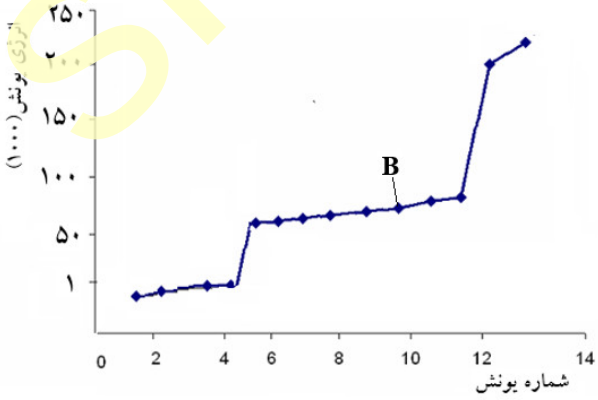
در رابطه با مطالب بالا نکات زیر توجه کنید؛

- هر یونش به معنای جدا شدن یک الکترون است و هر جهش به معنای تغییر لایه است.
- در هر عنصر خنثی، حداکثر تعداد یونشها برابر تعداد الکترونهای (عدد اتمی) آن است.
- در هر عنصری تعداد جهش‌ها یک واحد کمتر از تعداد لایه‌ها است.
- همواره انرژی نخستین یونش (IE_1) متعلق به دورترین الکترون از هسته است (مثلاً IE_1 در منیزیم به $3s^2$ تعلق دارد).
- همواره انرژی آخرین یونش (IE_n) متعلق به نزدیک‌ترین الکترون به هسته است (مثلاً در منیزیم به $1s^2$ تعلق دارد).
- تعداد الکترونهای قبل از اولین جهش بزرگ، نشان‌دهنده الکترونهای لایه ظرفیت یا همان عدد یکان شماره گروه است.
- اولین جهش بزرگ، روی یونش الکترون لایه بعدی است (مثلاً در منیزیم اولین جهش بزرگ روی $2p^6$ است، به عبارت بهتر روی IE_3 است، یعنی هنگام کندن سومین الکترون، اولین جهش بزرگ مشاهده می‌شود).
- اولین جهش بزرگ، بعد از یونش آخرین الکترون همان لایه است (مثلاً در منیزیم اولین جهش بزرگ بعد از جدا شدن $3s^2$ است، به عبارت بهتر بعد از IE_2 است، یعنی بعد از کندن دومین الکترون، اولین جهش بزرگ مشاهده می‌شود).

جهت درک دو مورد آخر به داستان زیر توجه کنید:

فرض کنین قراره از فردا صبح، قیمت تفم مرغ شدیداً گرون شه (جهش قیمتی). اگه شما امروز تا آخر وقت بری تفم مرغ بخری آیا با این قیمت جهش یافته بهتون میدن؟؟ اصولاً نه! ولی اگه فردا صبح تفم مرغ بخری جهش رو احساس میکنی، یعنی جهش قیمت تفم مرغ، بعد از خرید امشب و روی خرید فردا صبح است. یا میتونیم بگیم جهش قیمت بین خریدهای امشب و فردا صبح است.

مثال: با توجه به نمودار مقابل که بیانگر انرژی‌های یونش پی در پی یک عنصر است. به موارد زیر جواب بدهید.



۱) این عنصر در لایه ظرفیت خود چند الکترون دارد؟

۲) دارای چند لایه الکترونی است؟

۳) اعداد کوانتومی نخستین یونش چگونه است؟

۴) اولین جهش بزرگ پس از جدا شدن چند الکترون مشاهده می‌شود؟

۵) اولین جهش بزرگ روی کدامین یونش است؟

۶) اولین جهش بزرگ بین کدامین یونش‌ها است؟

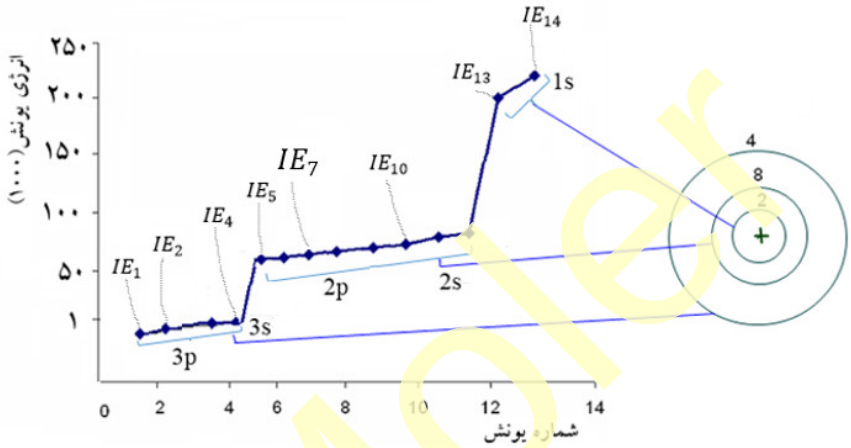
۷) دومین جهش بزرگ روی کدامین یونش است؟

۸) اعداد کوانتومی یونش **B** چگونه است؟

۹) IE_7 آن مربوط به جداسازی الکترون از کدام عدد کوانتومی مغناطیسی است؟

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir

۱۰) چرا جهش دوم بزرگتر از جهش اول است؟



پاسخ ۱: چون قبل از اولین جهش بزرگ ۴ الکترون وجود پس الکترونهای لایه ظرفیت ۴ می‌باشد.

پاسخ ۲: چون دارای دو جهش است پس سه لایه دارد.

پاسخ ۳: نخستین یونش مربوط به آخرین الکترون است که به $3s^2$ ختم شده است.

پاسخ ۴: اولین جهش بزرگ بعد از کندن ۴ الکترون مشاهده می‌شود. به عبارت بهتر بعد از IE_4 اولین جهش مشاهده شد.

پاسخ ۵: اولین جهش بزرگ روی IE_5 است، یعنی به هنگام کندن پنجمین الکترون جهش مشاهده شد *(مثال خرید تخم مرغ)*.

پاسخ ۶: اولین جهش بزرگ بین IE_4 و IE_5 است.

پاسخ ۷: دومین جهش بزرگ بعد از جدا شدن ۱۲ الکترون و یا هنگام کندن ۱۳ اُمین الکترون (یعنی روی IE_{13} است) می‌باشد.

پاسخ ۸: با توجه به نمودار B مربوط به اعداد کوانتومی $3p^1$ است.

پاسخ ۹: IE_7 مربوط به $3p^3$ است.

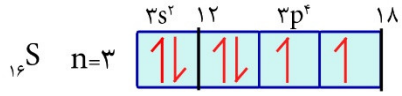
پاسخ ۱۰: چون بر اساس مدل اتمی بور، فاصله مدارهای اول و دوم بیشتر از فاصله مدارهای دوم و سوم است.

یعنی فاصله دو تراز متوالی در نزدیکی هسته بیشتر است.

تذکر: همواره دورترین الکترون بزرگترین ضریب را دارد و نیز با کمترین انرژی یونش از اتم جدا می‌شود؛ پس الکترونهای لایه آخر کمترین انرژی‌های یونش را دارند.

مثال: عدد اتمی عنصری ۱۶ است. اولین، چهارمین و دهمین انرژی یونش آن مربوط به جداسازی الکترون از چه ترازهای فرعی است؟ همچنین در این اتم چند لایه الکترونی وجود دارد؟

پاسخ: با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی اتم می‌توان نتیجه گرفت که الکترونها هنگام یونش برعکس حالت پر شدن (که بر اساس اصل آفبا می‌باشد) از اتم کنده می‌شوند.



عنصر $_{16}S$ روی انگشت سوم، دارای آرایش $3p^4$ می‌باشد. از روی مشخصات انگشت بالا بدیهی است که چهارمین یونش، کندن الکترون $3p^1$ می‌باشد.

و نیز پس از تمام شدن ۶ الکترون روی انگشت سوم، اگر چهار الکترون از pهای انگشت دوم کنده شود یعنی ۱۰ الکترون از اتم

Shimi Moler
www.ShimiPedia.ir