

فصل سوم

درون اتم

ساختار اتم

نخستین بار در حدود ۲۵۰۰ سال پیش دموکریت فیلسوف یونانی این طرز تفکر که مواد از ذره هایی کوچک و تجزیه ناپذیری تشکیل شده اند، را مطرح کرد و نام این ذره ها را اتم نهاد. (اتم در زبان یونانی به معنی تجزیه ناپذیر است)

او می پنداشت اتم کوچکترین ذره یک ماده است و هر یک از مواد جهان، اتم های متفاوتی دارند. نظر او بسیار کلی بود و بر شواهد تجربی متکی نبود. دموکریت برای اتم عنصر های مختلف، شکل های خاصی در نظر گرفته بود. او تصور می کرد که اتم های آهن مارپیچی شکل هستند که موجب استحکام و انعطاف پذیری و چکش خواری آهن می شوند. یا اتم های آتش تیز و نورانی و زرد رنگ هستند. یا اتم های آب کروی شکل هستند.

در سده ی هیجدهم در اروپا نتایج بسیاری در تائید وجود اتم ها جمع آوری شد این نتایج عبارت بودند از قانون پایستگی جرم و قانون نسبت های معین.

قانون پایستگی جرم

قانون پایستگی جرم بیان می کند که در جریان یک واکنش شیمیایی اتم ها نه بوجود می آیند و نه از بین می روند. بدین ترتیب جرم مواد واکنش دهنده در آغاز واکنش با جرم مواد در پایان واکنش برابر است.

قانون نسبت های معین

قانون نسبت های معین بیان می کند که یک ماده ی مرکب خالص، همواره شامل عناصر معینی است که با نسبت های وزنی مشخصی ترکیب می شوند. وقتی یک ماده ی مرکب مثل آب به عناصر سازنده اش هیدروژن و اکسیژن تجزیه می شود درصد وزنی عناصر حاصل همواره مقادیر ثابتی هستند و به هیچ وجه به مقدار ماده ی تجزیه شده و راه های تجزیه بستگی ندارد یعنی نسبت های جرمی عناصر تشکیل دهنده ی یک ماده همیشه ثابت است. به عنوان مثال مولکول آب که شامل ۲ اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن است، همواره نسبت های جرمی هیدروژن به اکسیژن در آب ۱ به ۸ می باشد.

تمرین

- ۱- اگر سولفور و آهن با نسبت های جرمی ۴ به ۷ با هم ترکیب شوند برای واکنش ۱۰ گرم سولفور به چند گرم آهن نیاز است؟
- ۲- نسبت جرمی اکسیژن به هیدروژن در آب ۸ به ۱ است، برای واکنش کامل ۲۰ گرم اکسیژن به چند گرم هیدروژن نیاز است؟
- ۳- از واکنش ۲۰ گرم آهن با مقدار لازم سولفور چند گرم آهن سولفید تولید می شود؟

نظریه اتمی دالتون

جان دالتون شیمی دان انگلیسی در سال ۱۸۰۳ نشان داد که با در نظر گرفتن اتم برای مواد می توان این قوانین را توضیح داد، او با آزمایش های بسیار موفق شد نظریه ای ارائه دهد که پاسخ گوی برخی از مشکلات علمی آن زمان شده بود. نتیجه تحقیقات دالتون را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- همه مواد از ذره های تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده اند که نه بوجود می

آیند و نه از بین می روند.

۲- اتم های یک عنصر به اتم های عنصر دیگر تبدیل نمی شوند.

۳- اتم های یک عنصر جرم و خواص شیمیایی یکسانی دارند، که با جرم و خواص

عنصر های دیگر تفاوت دارند.

۴- اتم های عناصر مختلف به هم متصل شده و مولکول ها را بوجود می آورند. در هر

مولکول نوع و تعداد نسبی اتم های سازنده ی آن یکسان است.

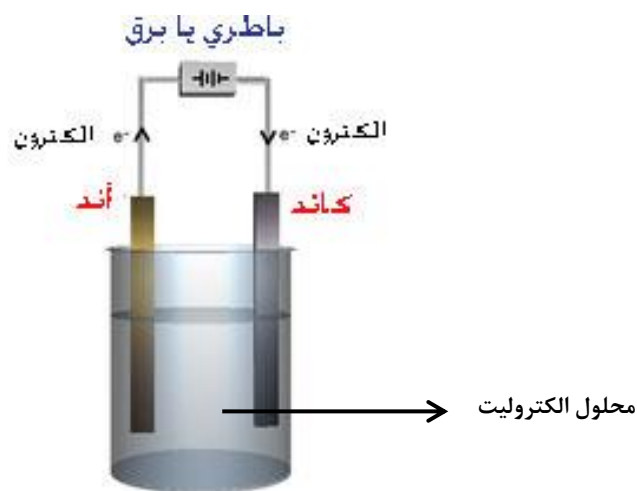


دالتون معتقد بود، اتم کوچکترین ذره ی سازنده ی ماده است و ذره های سازنده ی مواد مختلف با هم متفاوتند. او این تفاوت ها را به علت گوناگون بودن شکل این ذره ها نمی دانست، چون اتم های همه ی مواد کروی شکل هستند و مانند یک ساچمه ی فلزی، کره ای توپر و سفت و بدون ساختار درونی هستند.

مدل اتمی تامسون

در سال ۱۸۰۸ دانشمند انگلیسی به نام همفری دیوی برخی ترکیب ها را با استفاده از جریان برق تجزیه کرد (برق کافت یا الکترولیز) و با این کار چند عنصر را کشف کرد و به این نتیجه رسید که اتم های عناصر با نیرویی که ماهیت الکتریکی دارند به هم وصل شده اند.

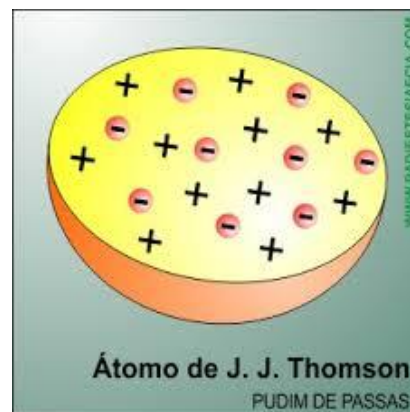
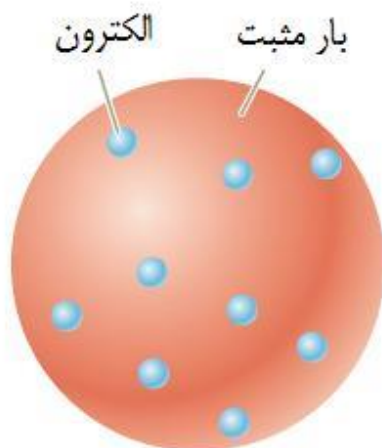
در سال ۱۸۳۲ مایکل فارادی فیزیک دان انگلیسی از راه برق کافت برخی از ترکیب ها، رابطه مقدار الکتریسته مصرفی و مقدار ماده تجزیه شده را بدست آورد. و با این کار به ماهیت الکتریکی ماده پی برد و ثابت شد که همه مواد دارای واحد های الکتریکی هستند. در سال ۱۸۷۴ جرج جانسون استونی براساس کار فارادی به ارتباط واحد های بار دار الکتریکی با اتم پی برد و این واحد های الکتریکی را الکترون نامید.



الکترولیز یا برق کافت تجزیه یک ماده به وسیله جریان برق را می گویند و شامل یک باطری یا منبع تغذیه دو الکترود به نام آند (مثبت) و کاتد (منفی) که درون یک محلول الکترولیت قرار دارند.

در سال های بعد دانشمندان از جمله تامسون با آزمایش های بسیار متوجه شدند بار این واحد های الکتریکی منفی است. از این رو شناسایی ساختار اتم شتاب گرفت، زیرا شیمی دان ها دریافتند که اتم ها خنثی هستند پس با وجود الکترون باید ذره ی باردار دیگری هم در اتم باشد. تامسون بر این اساس مدل اتمی خود را مطرح ساخت. مدل اتمی تامسون را می توان به صورت زیر بیان نمود.

- ۱- الکترون ها که ذره هایی با بار منفی هستند درون فضای کروی ابر گونه ای با بار الکتریکی مثبت پراکنده شده اند.
- ۲- اتم در مجموع خنثی است. بنابر این مقدار بار مثبت فضای کروی ابر گونه با مجموع بار منفی الکترون ها برابر است.
- ۳- این ابر کروی مثبت جرمی ندارد و جرم اتم به تعداد الکترون های آن بستگی دارد.
- ۴- جرم زیاد اتم از وجود تعداد بسیار زیادی الکترون در آن ناشی می شود.



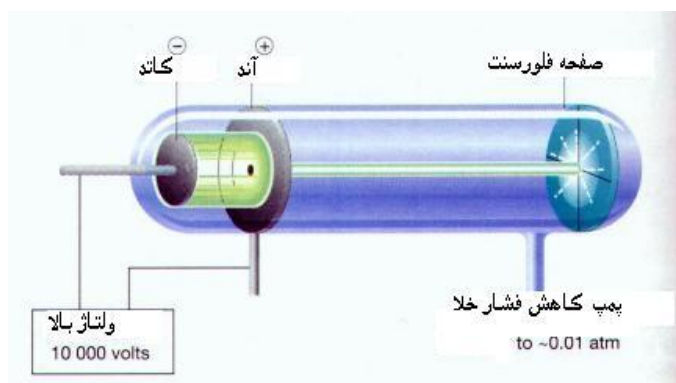
مدل اتمی تامسون به مدل اتمی کیک کشمشی، مدل هندوانه ای و مدل ژله ی میوه ای نیز معروف است.



تامسون اتم را به شکل کره‌ای تصور کرد که در آن بارهای مثبت به طور یکنواخت در سراسر کره پخش شده است و الکترون‌ها مانند تخم هندوانه در این کره توزیع شده‌اند، تامسون جرم زیاد اتم را به الکترون‌ها نسبت داد و معتقد بود که بارهای مثبت به صورت ابرگونه فضای اتم را پر کرده و جرمی ندارند و چون اتم خنثی است پس در مجموع بارهای منفی با مثبت برابر است.

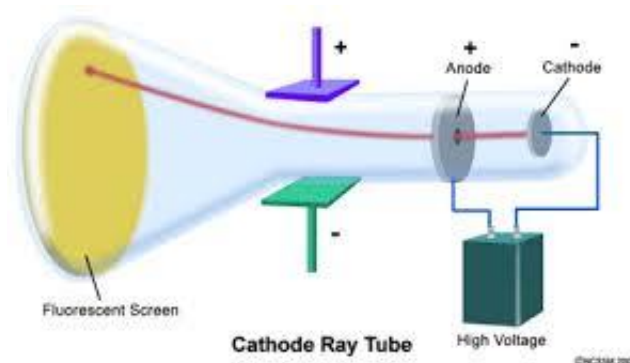
بیشتر بدانید

جوزف تامسون و همکارانش، با استفاده از دستگاهی که به لامپ پرتو کاتدی معروف است به وجود ذرات زیراتمی پی بردند. لامپ پرتو کاتدی شامل یک استوانه شیشه‌ای که تقریباً گازهای درون آن خالی شده است و دو الکتروود آند و کاتد که به برق قوی وصل می‌شوند. در روبروی آند یک صفحه‌ای است که نور نامرئی را روشن می‌کند.



آنها دو سر قطب های مثبت (آند) و منفی (کاتد) لامپ را به جریان برق قوی وصل کردند و مشاهده کردند که پرتوی از قطب منفی (کاتد) به قطب مثبت (آند) می رود. در ابتدا ماهیت این پرتو ها را نمی دانستند و چون از قطب کاتد به سمت آند روانه می شد اسم این پرتو ها را کاتدی گذاشتند.

در آزمایش های بعدی در مسیر پرتو کاتدی میدان الکتریکی قرار دادند و مشاهده کردند که پرتو کاتدی به سمت قطب مثبت منحرف می شود (پرتو کاتدی بار منفی دارد). و با آزمایش هایی متوجه شدند که پرتو کاتدی از یک ذره تشکیل شده است.

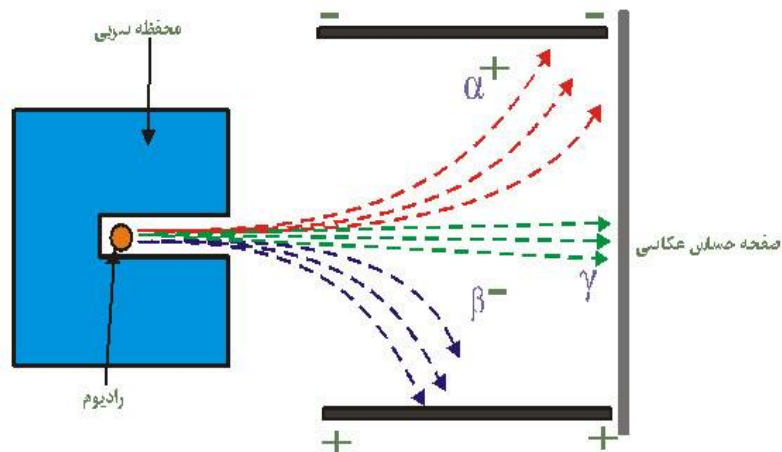


تامسون این ذرات منفی را بر اساس پیشنهاد استونی الکترن نامید. و بعدها آنها دریافت که ذرات سازنده پرتو کاتدی در تمام مواد وجود دارند.

مدل اتمی رادر فورد

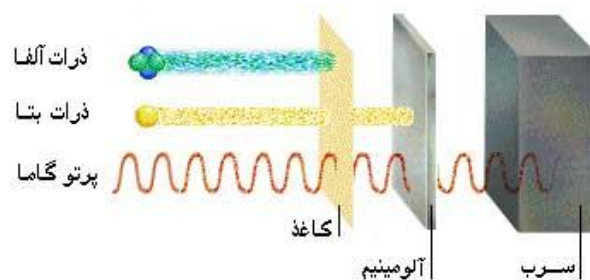
رادرفورد فیزیک دان نیوزلندی متوجه یافته های دانشمندان در باره ی مواد پرتوزا شد. مواد پرتوزا موادی هستند که از خود تابش ها یا پرتو هایی انتشار می دهند. مثل

اورانیوم. اگر پرتوهای مواد پرتو زا را از یک میدان الکتریکی عبور دهیم سه نوع پرتو مشاهده می شود که شامل پرتوهای آلفا، بتا و گاما است. (شکل زیر)



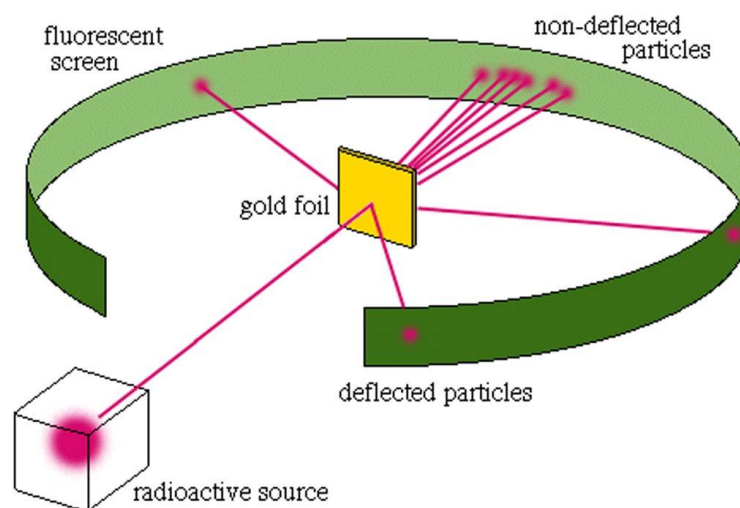
پرتوهایی که از یک ماده رادیواکتیو منتشر می شود. به بار پرتو ها توجه کنید.

پرتو آلفا جرمی چهار برابر هیدروژن داشته و کمترین انرژی را دارد. پرتو بتا از جنس الکترون بوده و انرژی بیشتری دارد و پرتو گاما از جنس نور است و بیشترین انرژی را دارد.



قدرت پرتوهای حاصل از مواد پرتو زا (قدرت پرتو ها را با هم مقایسه کنید).

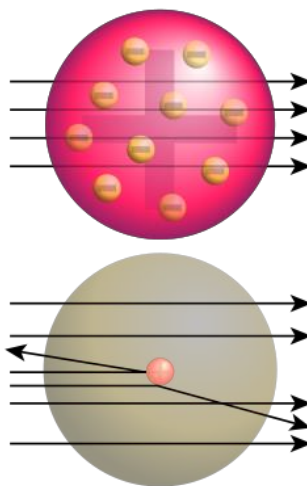
رادرفورد نتوانست تابش مواد پرتوزا را به وسیله ی مدل اتمی تامسون توضیح دهد. بنابراین مدل اتمی تامسون را نادرست تشخیص داد. رادرفورد و همکارانش در سال ۱۹۱۰ با تابش پرتوهای آلفا که بار مثبت دارند بر یک ورقه ی نازک طلا به نتایج مهمی دست یافتند که این نتایج با مدل اتمی تامسون قابل توجیه نبود. شکل زیر آزمایش رادرفورد را نشان می دهد.



رادرفورد با تاباندن ذرات آلفا به ورقه ی نازک طلا و مشاهدات خود از آن آزمایش ها ، به نتایجی دست یافت که عبارتند از:

- ۱- بیشتر ذرات آلفا بدون هیچ گونه انحرافی عبور کردند این بدان معنی است که هیچ مانعی در سر راه پرتو ها نبوده لذا نتیجه گرفت بیشتر حجم اتم را فضای خالی تشکیل می دهد.

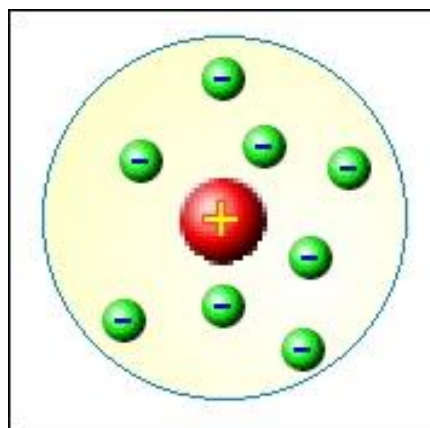
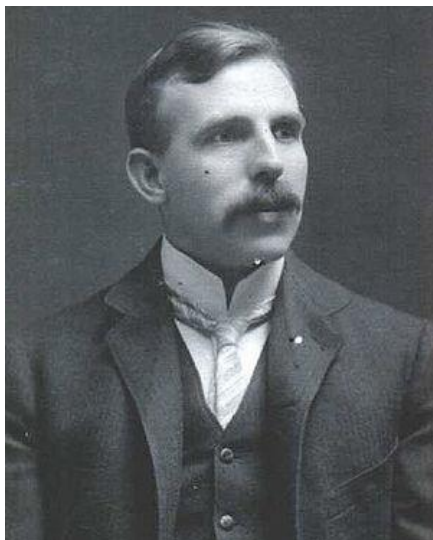
- ۲- تعداد کمی از این ذرات با انحراف از مسیر خود از ورقه ی طلا عبور کردند. از این مشاهده هم نتیجه گرفت که در اتم یک میدان الکتریکی مثبت وجود دارد که وقتی پرتو های مثبت از کنار آنها عبور کردند دچار انحراف شدند.
- ۳- تعداد بسیار اندکی از پرتو های آلفا از مسیر خود به عقب برگشتند. این بدان معنی است که پرتو ها به یک مانع سخت برخورد کردند لذا نتیجه گرفت که اتم طلا یک هسته ی بسیار کوچک با جرم زیاد دارد.



از این رو رادرفورد مدل اتمی دیگری را پیش نهاد کرد. مدل اتمی او را می توان به صورت زیر بیان نمود :

- ۱- اتم دارای یک هسته ی بسیار کوچک می باشد که تقریباً همه ی جرم اتم در آن متمرکز شده است.
- ۲- بار های مثبت اتم درون هسته ی اتم قرار دارد.
- ۳- حجم هسته ی اتم به کل اتم معادل ۱ به ۱۰۰۰۰ است لذا بیشتر حجم اتم فضای خالی است.

۴- الکترون ها در اطراف هسته وجود داشته و آن را محاصره کرده اند.



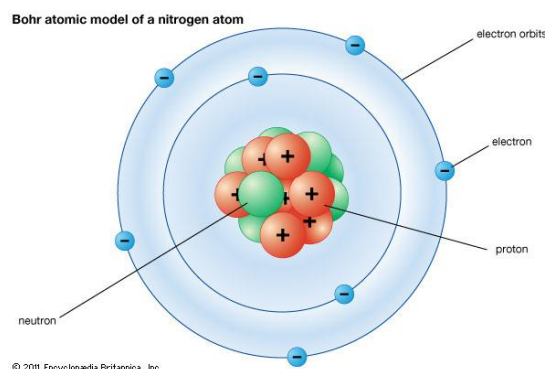
مدل اتمی رادر فورد جایگاه الکترون ها را درست پیش بینی نکرده بود! او الکترون ها را ذراتی در نظر گرفته بود که در اطراف هسته اتم بدون حرکت و بدون هیچ آرایش خاصی قرار گرفته اند. اگر چنین باشد الکترون جذب هسته اتم می شود. در صورتی که الکترون دور هسته بدون هیچ قاعده ای حرکت کند باز هم طبق قوانین فیزیک کلاسیک الکترون تحت تاثیر جاذبه ی هسته در مداری مارپیچی حرکت کرده و در نهایت بر روی هسته سقوط می کند.

مدل اتمی بور (مدل منظومه ی شمسی)

با وجود اینکه مدل اتمی رادرفورد برخی مشاهدات علمی آن زمان را توضیح می داد ولی نارسایی هایی داشت. نیلزبور دانشمند دانمارکی در سال ۱۹۱۳ مدل اتمی رادرفورد را نارسا دانست؛ او اعلام کرد که اگر مدل اتمی رادرفورد درست باشد الکترون ها ممکن است روی هسته سقوط کنند و همچنین برخی پدیده های دیگر

را با مدل اتمی رادرفورد قابل توضیح ندانست، لذا مدل جدیدی ارائه داد. بور مدل اتمی خود را به صورت زیر بیان نمود:

- ۱- الکترون‌ها در اتم‌ها در مسیری دایره‌ای شکل به دور هسته گردش می‌کنند. به هریک از این مسیرهای دایره‌ای، مدار الکترونی می‌گویند. مدارهای الکترونی با حروف k, L, M, N, \dots نام گذاری می‌شوند.
- ۲- انرژی الکترون با فاصله‌ی آن از هسته رابطه مستقیم دارد. هر چه به هسته نزدیکتر باشد انرژی آن کمتر است.
- ۳- این الکترون فقط می‌تواند در فاصله‌های معین و ثابتی پیرامون هسته گردش کند. (مانند سیاره‌ها به دور خورشید)
- ۴- این الکترون معمولاً در پائین‌ترین مدار که انرژی کمتری دارد قرار می‌گیرد. که به آن حالت پایه گویند.
- ۵- با دادن مقدار معینی انرژی به این الکترون می‌توان آن را از مدار پایین به مدار بالاتر انتقال داد. که به این حالت برانگیخته گویند.
- ۶- الکترون در حالت برانگیخته ناپایدار است، از این رو همان مقدار انرژی را که پیش از این گرفته بود به صورت نور از دست می‌دهد و به حالت پایه برمی‌گردد.





Niels Bohr
(1885-1962)

مدل اتمی بور (مانند منظومه ی شمسی). نیلز بور دانشمند دانمارکی دو سال پس از رادرفورد مدل دیگری برای اتم پیشنهاد کرد و اظهار داشت: به نظر من در مدل رادرفورد احتمال سقوط الکترون ها روی هسته وجود دارد.

بور با مدل اتمی خود توانست تمام پدیده های مربوط به اتم هیدروژن کوچکترین اتم ها را توضیح دهد ولی نتوانست با مدل پیشنهادی خود پدیده های مربوط به اتم های دیگر که بیش از یک الکترون دارند را توضیح دهد لذا به نارسایی مدل اتمی خود پی برد .

مدل ابر الکترونی یا لایه ای

با گسترش علم، دانشمندان دریافتند که الکترون رفتار دو گانه ای از خود نشان می دهد، یعنی علاوه بر خصلت ذره بودن که جرم دارد خصلت موجی هم از خود نشان می دهد و همانند یک موج یا پرتو نور عمل می کند. لذا با این خاصیت دو گانه

ی الکترون هرگز نمی توان موقعیت دقیق الکترون را از نظر مکان و سرعت در اطراف هسته مشخص کرد. بر این اساس اروین شرودینگر دانشمند اتریشی مدل دیگری برای اتم پیشنهاد کرد که در این مدل به جای صحبت از مکان دقیق الکترون و حرکت الکترون در روی مدار های مشخص، از احتمال حضور الکترون در فضای اطراف هسته و حرکت الکترون در این فضا صحبت به میان می آید. شرودینگر به کمک معادلات ریاضی موفق شد احتمال حضور الکترون را در حجم معینی از فضا اندازه بگیرد. این فضا را که احتمال حضور الکترون در آن جا زیاد است اوربیتال نامید.



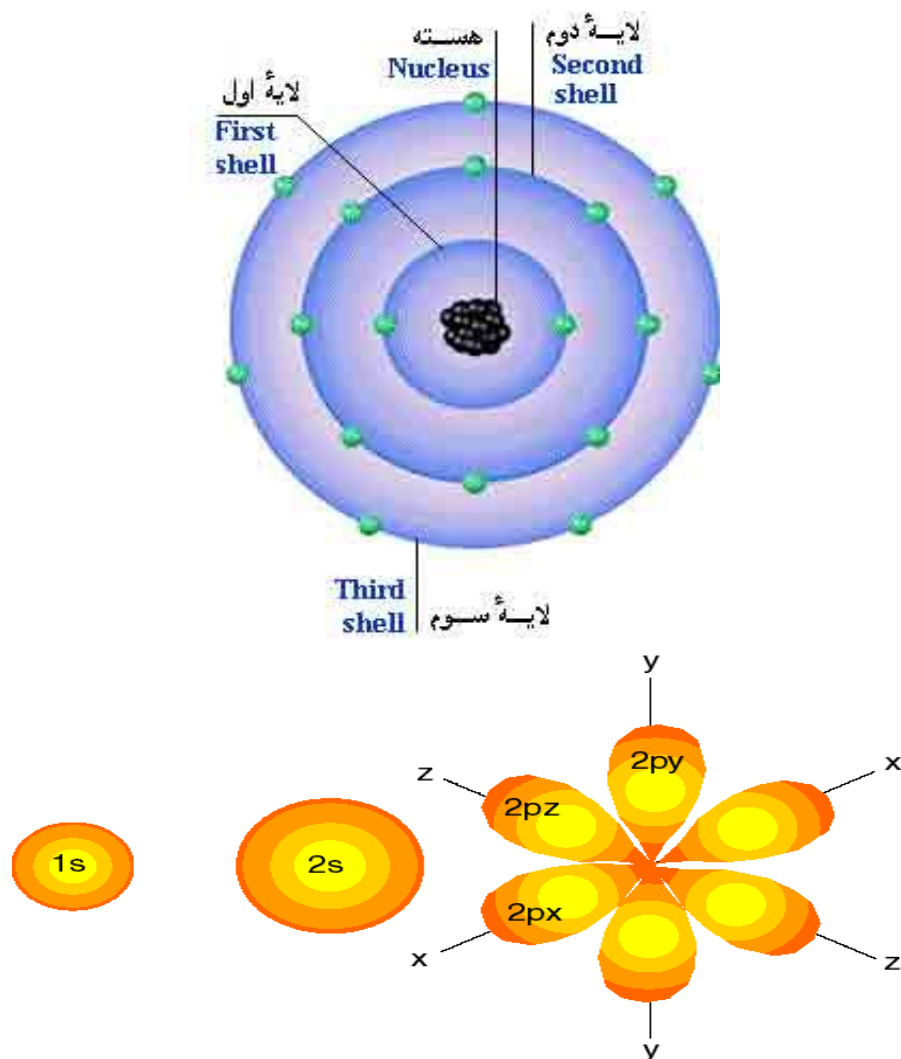
در این مدل احتمال حضور الکترون را به صورت ابر الکترونی در نظر می گیرند. هر کجا احتمال حضور الکترون بیشتر باشد ابر غلیظ تری رسم می شود، همچنین به جای مدار های الکترونی از لایه های الکترونی یا تراز های انرژی استفاده می شود. این لایه های انرژی با $n_1, n_2, n_3, n_4 \dots$ نام گذاری می شوند. در مدل ابر الکترونی جایگاه الکترون در اطراف هسته دقیقاً مشخص نیست. الکترون ها در فضایی بدور هسته در حال چرخش هستند. گاهی به هسته نزدیکتر و

گاهی دورترند.

طبق این مدل لایه اول ($n=1$)، ۲ الکترون و لایه دوم ۸ و لایه سوم ۱۸ الکترون گنجایش دارند. براساس مدل اتمی لایه ای هر لایه الکترونی خود به چند زیر لایه تقسیم می شود. و هر زیر لایه شامل یک یا چند اوربیتال است. در هر اوربیتال حداکثر دو الکترون می تواند وجود داشته باشد.

در جدول زیر تعداد زیر لایه ها و اوربیتال های اتمی هر لایه اصلی آمده است.

نام لایه اصلی	نوع زیر لایه	تعداد زیر لایه	تعداد اوربیتال	تعداد الکترون
$n = 1$	s	۱	۱	۲
$n = 2$	s p	۲	۳	۲ ۶
$n = 3$	s p d	۳	۵	۲ ۶ ۱۰
$n = 4$	s p d f	۴	۷	۲ ۶ ۱۰ ۱۴



اوربیتال های زیر لایه s کروی هستند و فرق این اوربیتال ها در زیر لایه های مختلف فقط در حجم آنها است و اوربیتال های زیر لایه p دُمبلی شکل می باشند که شامل ۳ اوربیتال یکسان در سه جهت فضا می باشند.

بیشتر بدانید

شرو دینگر به کمک معادلات ریاضی موفق شد احتمال حضور الکترون را در حجم معینی از فضا اندازه بگیرد. این فضا را که احتمال حضور الکترون در آن جا زیاد است اوربیتال نامید.

شرو دینگر برای مشخص کردن هر یک از اوربیتال های یک اتم، از ۳ عدد کوانتومی n ، l و m_l استفاده کرد.

n عدد کوانتومی اصلی است که معرف لایه های الکترونی یا همان تراز های انرژی در مدل بور است.

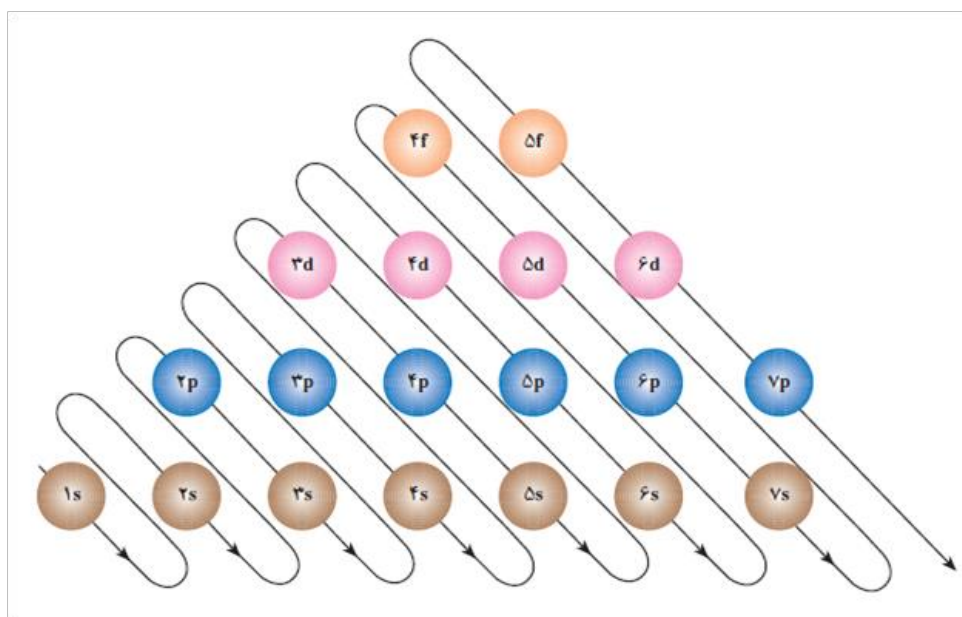
l عدد کوانتومی اوربیتالی است که معرف زیر لایه ها است.

m_l عدد کوانتومی مغناطیسی است که جهت گیری اوربیتال ها را در فضا را معین می کند.

آرایش الکترونی اتم ها

چگونگی پخش الکترون ها درون لایه های مختلف در اطراف هسته ی اتم را آرایش الکترونی گویند. همانطوری که گفته شد در لایه اتم چند زیر لایه وجود دارد الکترون ها بر اساس یک قاعده کلی ابتدا وارد اوربیتال هایی می شوند که انرژی کمتری دارد و به هسته اتم نزدیکتر می باشند. انرژی همه اوربیتالهای یک زیر لایه یکسان است. مثلا انرژی هرسه اوربیتال $3p$ با هم برابر است. تمام پنج اوربیتال $3d$ نیز انرژی یکسان دارند. اما در یک لایه اصلی، زیر لایه های مختلف انرژی متفاوت دارند. برای هر مقدار n ، انرژی زیر لایه ها به ترتیب $s < p < d < f$ افزایش می یابند. در لایه $n=3$ ، اوربیتال $3s$ کمترین انرژی، اوربیتالهای $3p$ ، انرژی متوسط و

اوربیتالهای $3d$ حداکثر انرژی را دارند. گاهی انرژی اوربیتال های مربوط به لایه های مختلف، همپوشانی دارند. مثلاً در بعضی از اتمها، اوربیتال $4s$ ، کم انرژی تر از اوربیتال $3d$ است. بنابراین ترتیب پر شدن اوربیتال ها با ترتیب قرار گرفتن اوربیتال ها کمی متفاوت است.



ترتیب پر شدن اوربیتال های لایه های مختلف اتم

برای یافتن آرایش الکترونی یک اتم از روی اتم قبلی، می توان از روش افزودن مرحله به مرحله یک پروتون به هسته و یک الکترون به پیرامون هسته، استفاده نمود، یعنی می توان از روی آرایش الکترونی اتم هیدروژن، ساختار الکترونی اتم های سنگین تر از هیدروژن را یک به یک به دست آورد. این روش بدست آوردن آرایش الکترونی اتم را روش بنا گذاری یا اصل آفبا می گویند.

نام عنصر	نماد عنصر	آرایش الکترونی
هیدروژن	H	$1S^1$
هلیوم	He	$1S^2$
لیتیم	Li	$1S^2/2S^1$
بریلیم	Be	$1S^2/2S^2$
بور	B	$1S^2/2S^2\ 2P^1$
کربن	C	$1S^2/2S^2\ 2P^2$
نیتروژن	N	$1S^2/2S^2\ 2P^3$
اکسیژن	O	$1S^2/2S^2\ 2P^4$
فلوئور	F	$1S^2/2S^2\ 2P^5$
نئون	Ne	$1S^2/2S^2\ 2P^6$

کاربرد آرایش الکترونی اتم ها

۱- تعداد الکترون های لایه ظرفیت اتم؛ در اتم ها به آخرین لایه الکترونی، لایه ظرفیت یا والانس گفته می شود. تعداد الکترون های لایه آخر اتم را الکترون

های ظرفیت می گویند. خواص شیمیایی اتم به تعداد الکترون های ظرفیت بستگی دارد. تعداد الکترون هایی که یک اتم باید دریافت کند یا از دست بدهد تا به حال پایدار برسد را ظرفیت اتم می گویند. ظرفیت اتم برای هر عنصر مقداری مشخص و ثابت است. حالت پایدار مربوط به اتم های است که در لایه ظرفیت خود هشت الکترون دارند مانند گازهای نجیب یا کم اثر. زیرا این گاز ها تمایل بسیار کمی به واکنش های شیمیایی دارند. از این گاز ها هلیوم، نئون و آرگون هیچ گونه ترکیبی بدست نیامده است یعنی این سه گاز اصلاً تمایلی به واکنش شیمیایی از خود نشان نمی دهند و پایدار هستند. از دیگر این گاز های این گروه کریپتون و زنون و رادون است که ترکیبات بسیار کمی از آنها بدست آمده است. عدم شرکت این گازها در واکنش های شیمیایی به این دلیل است که آرایش الکترونی آنها نهایت پایداری را دارد و لذا تمایل به بر هم زدن این آرایش الکترونی را ندارند. بدین ترتیب ظرفیت اتم اکسیژن ۲- می باشد زیرا دو الکترون نیاز دارد تا به آرایش گاز نجیب هم دوره خود برسد، و ظرفیت اتم سدیم ۱+ می باشد زیرا یک الکترون از دست می دهد تا به آرایش گاز نجیب دوره قبل خود برسد.

۲- فلز یا نافلز بودن اتم؛ اگر در اتمی تعداد الکترون های لایه ظرفیت ۱ یا ۲ یا ۳ باشد خواص اینگونه عناصر به فلزات و اگر بین ۴ تا ۷ الکترون باشد به نافلزات شبیه است. لذا با آرایش الکترونی می توان فلز یا نافلز بدن اتم را تشخیص داد. البته شبه فلزات را نمی توان با این روش تشخیص داد.

۳- میل به واکنش داشتن یا تمایل به واکنش پذیری اتم؛ هر چه اتمی با از دست دادن یا گرفتن الکترون های کمتری به آرایش گاز نجیب و پایداری برسد آن اتم واکنش پذیری بیشتری دارد. مثلاً بین اکسیژن و نیتروژن، اکسیژن واکنش پذیرتر

است زیرا ۲ الکترون لازم دارد تا به آرایش پایدار برسد ولی نیتروژن ۳ الکترون نیاز دارد. طبیعی است که گرفتن ۲ الکترون آسانتر از ۳ الکترون می باشد.

۴- جایگاه اتم در جدول تناوبی عناصر: برای پیدا کردن موقعیت یک عنصر در

جدول تناوبی از روی آرایش الکترونی به صورت زیر عمل می کنیم.

* بالاترین شماره لایه دوره تناوب عنصر را مشخص می کند.

* اگر آخرین اوربیتال در حال پر شدن S باشد تعداد الکترون های آن شماره گروه می باشد.

* اگر آخرین اوربیتال در حال پر شدن d باشد مجموع الکترون های اوربیتال های S و d آخر، شماره گروه را مشخص می کند.

* اگر آخرین اوربیتال در حال پر شدن p باشد مجمع الکترون های S و p به اضافه عدد ۱۰ شماره گروه را مشخص می کند.

نام عنصر	آرایش الکترونی	شماره دور تناوب	شماره گروه
کلسیم	$[Ar] 4s^2$	۴	۲
فسفر	$[Ne] 3s^2 3p^3$	۳	۱۵
نیکل	$[Ar] 3d^8 4s^2$	۴	۱۰
گالیم	$[Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^1$	۴	۱۳

چند مورد آرایش الکترونی استثناء

اتم	آرایش الکترونی مورد انتظار	آرایش الکترونی واقعی
Cr	$3d^4 4s^2$	$3d^5 4s^1$
Mo	$4d^4 5s^2$	$4d^5 5s^1$
W	$5d^4 6s^2$	$5d^5 6s^1$
Cu	$3d^9 4s^2$	$3d^{10} 4s^1$
Ag	$4d^9 5s^2$	$4d^{10} 5s^1$
Au	$5d^9 6s^2$	$5d^{10} 6s^1$

توجیه موارد استثناء

- در حالت کلی اتم ها تمایل دارند پایدارترین آرایش الکترونی را داشته باشند. در حالت های زیر آرایش الکترونی پایدارتر از بقیه حات ها است.
- ۱- وقتی در لایه آخر دو اوربیتال پر کنار یکدیگر قرار گیرند. (مثل گاز های نجیب).
 - ۲- وقتی یک اوربیتال پر در کنار یک اوربیتال نیمه پر قرار گیرد. (مثل مورد مس و نقره)
 - ۳- وقتی دو اوربیتال نیمه پر در کنار یکدیگر قرار گیرند. (مثل مورد کروم)

کشف دیگر ذره های سازنده اتم

در سال ۱۹۲۰ رادرفورد با توجه به جرم اتم و جرم پروتون و الکترون دریافت که جرم اتم تنها به جرم پروتون و الکترون مربوط نیست، بلکه باید ذره ی دیگری در اتم وجود داشته باشد که بار الکتریکی ندارد. وی حدود ۱۲ سال بر این فکر خود تاکید

کرد ولی نتوانست این مطلب مهم را با شواهد و دلایل ثابت کند، در سال ۱۹۳۲ یکی از دانشجویان با ذکاوت او به نام جمیز چادویک با طراحی آزمایش هوشمندانه ای وجود ذره ای دیگر را در اتم ثابت کرد و نام آن را نوترون یعنی ذره ی خنثی نهاد. نوترون ها از نظر جرم کمی از پروتون ها سنگین ترند بعد ها دانشمندان متوجه شدند که عامل پایداری هسته ی اتم با وجود بار های مثبت در کنار هم ، همین نوترون ها هستند که نیرویی را ایجاد می کنند که از نیروی دافعه ی بین پروتون های هسته بیشتر است. و از متلاشی شدن هسته ی اتم جلوگیری می کند.

مشخصات ذره های سازنده اتم در جدول زیر آمده است.

نام ذره	جرم نسبت به الکترون	بار نسبی	موقعیت ذره در اتم
الکترون	۱	-۱	بدور هسته در حال چرخش
پروتون	۱۸۳۶	+۱	درون هسته
نوترون	۱۸۳۹	۰	درون هسته

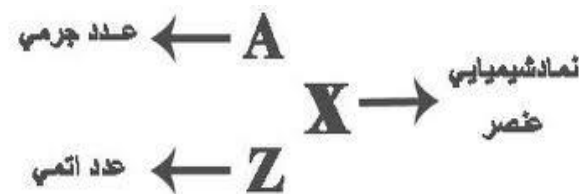
پروتون ها و نوترون ها که درون هسته ی اتم قرار دارند را ذرات نوکلئون گویند. به مجموع پروتون های موجود در درون هسته ی یک اتم عدد اتمی گفته می شود، که با حرف Z نمایش داده می شود. تعداد پروتون $Z =$

به مجموع پروتون ها و نوترون ها ی موجود در هسته ی یک اتم عدد جرمی

می‌گویند، که با حرف A نمایش داده می‌شود.

به کلیه ی ذرات تشکیل دهنده ی اتم (الکترون، پروتون و نوترون) ذرات زیر اتمی گفته می‌شود.

اطلاعات مربوط به اتم در اطراف نماد شیمیایی اتم نمایش داده می‌شود. عدد اتمی در سمت چپ پایین و عدد جرمی در سمت چپ بالا نمایش داده می‌شود.



مثلاً برای نمایش نماد شیمیایی اکسیژن که ۸ نوترون و ۸ پروتون دارد به صورت



زیر می‌نویسیم:

$$Z = ۸$$

$$A = ۸ + ۸ = ۱۶$$

از آنجایی که اتم‌ها در حالت عادی خنثی هستند لذا تعداد الکترون‌ها با پروتون‌ها برابر است، پس در اتم اکسیژن ۸ الکترون نیز وجود دارد.

تفاوت اتم‌های مختلف در داشتن تعداد پروتون‌ها است، هر اتم یک تعداد پروتون و در نتیجه الکترون‌های مشخصی دارد و تمام خواص شیمیایی اتم‌ها مربوط به همین پروتون‌ها و الکترون‌های آنها است. خواص شیمیایی اتم‌ها به دو عامل بستگی دارد:

۱- تعداد پروتون‌های هسته اتم. ۲- چگونگی پخش الکترون‌ها در اطراف هسته.

یون چیست؟

اتم‌ها در حالت طبیعی خنثی هستند یعنی تعداد پروتون‌ها با الکترون‌های آنها برابر است. پروتون‌ها درون هسته با یک جاذبه قوی وجود دارند و نمی‌توان در حالت معمولی تعداد آنها را در یک اتم، کم یا زیاد کرد. ولی چون الکترون‌ها در اطراف هسته در حال چرخش به دور هسته می‌باشند می‌توان با کمی انرژی، الکترونی را وارد اتم یا از آن خارج نمود. یون، اتمی است که تعداد الکترون‌های آن دیگر با پروتون‌های آن مساوی نیست. به عبارت دیگر به هر ذره بار دار یون گفته می‌شود. اگر تعداد الکترون‌های اتم بیشتر از پروتون‌ها باشد به آن اتم یون منفی (آنیون) می‌گویند. و اگر تعداد الکترون‌های اتم کمتر از تعداد پروتون‌های آن باشد به آن اتم یون مثبت (کاتیون) می‌گویند.

برخی عنصرها تمایل زیادی به گرفتن یا از دست دادن الکترون دارند تا با این کار به پایداری بیشتری برسند. اتم‌های فلزی تمایل به دادن الکترون و تبدیل به یون مثبت شدن را دارند و برعکس اتم‌های نافلزی تمایل به گرفتن الکترون و تبدیل به یون منفی شدن را دارند.

ایزوتوپ‌ها^۱

می‌دانیم اتم‌های یک عنصر از نظر خواص شیمیایی یکسان هستند اما، جرم همه‌ی اتم‌های یک عنصر معین، یکسان نیست. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که اتم‌های یک عنصر جرم‌های متفاوتی دارند، تفاوت جرم اتم‌ها به تعداد نوترون‌ها مربوط می‌شود.

۱- ایزوتوپ در لغت به معنی هم مکان است ایزوتوپ‌های یک عنصر از نظر موقعیت در جدول تناوبی هم مکان هستند.

بیش تر عنصرها دو یا چند ایزوتوپ دارند. ایزوتوپ ها در واقع اتم های یک عنصر هستند که عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوتی دارند. یعنی در داشتن تعداد نوترون ها با هم متفاوتند. مثلاً شیمی دان ها دو نوع عنصر کربن یافتند یکی کربن - ۳۵ و دیگری کربن - ۳۷ ، در اتم اول ۱۷ پروتون به همراه ۱۸ نوترون و در دومی ۱۷ پروتون به همراه ۲۰ نوترون وجود دارد. عنصر کربن دارای ۱۵ ایزوتوپ شناخته شده است که از این میان دو ایزوتوپ کربن - ۱۲ و کربن - ۱۳ به طور طبیعی در طبیعت یافت می شوند. کربن - ۱۴ ایزوتوپ پرتوزای طبیعی این عنصر است. ایزوتوپ های یک عنصر از نظر خواص شیمیایی کاملاً مانند هم هستند ولی به دلیل اختلاف جرم، تفاوت اندکی در خواص فیزیکی دارند.

فراوانی ایزوتوپ ها در طبیعت یکسان نیست مثلاً در مورد ایزوتوپ های کربن در طبیعت، کربن - ۳۵ حدود ۷۵ درصد و کربن - ۳۷ هم ۲۵ درصد اتم های کربن را تشکیل می دهند. بنابراین برای پیدا کردن جرم اتمی کربن از میانگین جرم ایزوتوپ ها با توجه به فراوانی آنها استفاده می شود. با رابطه ی زیر جرم اتمی متوسط اتم ها را می توان حساب کرد.

(فراوانی ایزوتوپ دوم × جرم ایزوتوپ دوم) + (فراوانی ایزوتوپ اول × جرم ایزوتوپ اول) = جرم اتمی متوسط

$$۳۵/۵ = ۹/۲۵ + ۲۶/۲۵ = ۳۷ \times ۰/۲۵ + ۳۵ \times ۰/۷۵ = \text{جرم اتمی متوسط کربن}$$

در صورتی که ایزوتوپ ها ی یک عنصر بیش از دو تا باشند فرمول جرم اتمی متوسط به همین صورت گسترش داده می شود.

رادیو ایزوتوپ ها

همه اتم ها بجز هیدروژن معمولی دارای تعدادی نوترون هستند، تعداد نوترون ها در اتم های مختلف متفاوت است. معمولاً تعداد نوترون ها در یک اتم یا مساوی پروتون ها یا بیشتر از آن است. اگر در یک ایزوتوپ اتمی تعداد نوترون ها از $1/5$ برابر پروتون ها هم بیشتر باشد آن ایزوتوپ ناپایدار بوده و متلاشی می شود. به اینگونه ایزوتوپ ها رادیو ایزوتوپ گفته می شود. رادیو ایزوتوپ ها می توانند مثل رادیوم، پلوتونیوم و اورانیوم بطور طبیعی وجود داشته باشند و یا به طریق مصنوعی ایجاد شوند. رادیوایزوتوپها با گسیل پرتوهای الکترومغناطیس یا ذرات باردار به سوی پایداری پیش می روند. سه فرآیندی که از طریق آنها یک رادیوایزوتوپ سعی می کند به پایداری برسد، واپاشی آلفا، بتا و گاما نامیده می شوند.

کاربرد رادیو ایزوتوپ ها

رادیو ایزوتوپ ها امروزه کاربرد های زیادی در پزشکی، صنعت و باستان شناسی و کشاورزی دارند. در پزشکی رادیوایزوتوپ ها از اهمیت زیادی برخوردارند و در تشخیص و درمان برخی بیماری ها مثل سرطان استفاده می شوند. در صنعت در فرآیند کنترل محصولات و در باستان شناسی در پیدا کردن عمر اجسام از رادیوایزوتوپ ها استفاده می شود. برخی از کاربرد های رادیو ایزوتوپ ها در زیر آمده است.

۱- با پرتوهای رادیواکتیو کبالت- ۶۰ و فسفر- ۳۲ برای درمان سلول های سرطانی استفاده می شود.

۲- پرتو گاما آسان ترین و موثرترین روش برای ضدعفونی کردن ابزار پزشکی است.

- ۳- از باتری های هسته ای برای کنترل ضربان قلب افرادی که نارسایی قلبی دارند استفاده می شود.
- ۴- از قرص ید-۱۳۱ برای کنترل غده تیروئید استفاده می شود.
- ۵- در برخی از کشورها از رادیو ایزوتوپ ها برای تولید برق هسته ای استفاده می شود.
- ۶-

بیشتر بدانید

به طور کلی تشعشع یک نوع انرژی است. این انرژی به صورت امواج الکترومغناطیس یا ذرات کوچک تر از اتم مثل آلفا (He^{2+}) و بتا (e) منتشر می شوند. امواج الکترومغناطیسی شامل امواج رادیویی، مایکروویو، اشعه مادون قرمز، نور معمولی، اشعه ماورای بنفش، اشعه X و اشعه گاما است.

به کمک اشعه مادون قرمز، در شب نیز قادر به دیدن هستیم. هر چیزی که گرما داشته باشد، از خود نور مادون قرمز ساطع می کند. این نور توسط دوربین های مادون قرمز تشخیص داده می شود. اشعه های پرانرژی UV ، اشعه X و اشعه های آلفا، بتا و گاما از بقیه خطرناک ترند.

اشعه های آلفا، بتا و گاما از مواد رادیوایزوتوپ طبیعی منتشر می شوند. انحراف ذرات آلفا در میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی نشان می دهد که ذرات مزبور باید دارای بار الکتریکی باشند. پرتوهای آلفا ذرات بارداری هستند که بار الکتریکی مثبت دارند. اندازه گیری های دقیق نشان می دهند که جرم هر ذره آلفا تقریباً چهار برابر جرم هیدروژن و بار الکتریکی آن $+2$ است. بنابراین هر ذره آلفا یک هسته اتم هلیوم است که فاقد الکترون باشد. به عبارت دیگر هر ذره آلفا از دو پروتون و دو نوترون تشکیل می شود که به همین دلیل ذره آلفا را هلیون نیز می نامند به محض اینکه ذرات آلفا متوقف شدند از محیط خود الکترون گرفته و تبدیل به اتم هلیوم می شوند. قابلیت نفوذ ذرات آلفا بسیار کم است و چند ورقه کاغذ می تواند جلوی عبور آنها را بگیرد.

یکی دیگر از پرتوهای مواد رادیواکتیو اشعه بتا است که با سرعت اولیه ۶۰ تا ۲۸۵ هزار کیلو متر در ثانیه از هسته اتم به خارج منتشر می شوند. قابلیت نفوذی ذرات بتا از آلفا زیادتر است بر حسب سرعت اولیه انتشار آنها تغییر می کند اشعه بتای یک عنصر معین بر عکس اشعه آلفای آن که همه با یک سرعت معین و ثابت از هسته اتم خارج می شوند سرعت اولیه متفاوت دارند به همین علت در موقع تجزیه اشعه رادیواکتیو در موقع عبور از بین صفحات الکتریکی یا قطب های مغناطیسی کلیه ذرات آلفا به یک اندازه انحراف پیدا می کنند یعنی ضمن انحراف اجتماع می نمایند در صورتیکه اشعه بتا ضمن انحراف واگرایی حاصل می کنند زیرا انحراف برای ذرات بتا با سرعت های مختلف متفاوت است. از اشعه بتای قوی در در مان بعضی از انواع سرطانهای سطحی ، سرطان زبان ، سرطان لب ، سرطان پستان و غیره استفاده می شود .

یکی دیگر از پرتوهای منتشر شده از رادیواکتیو پ ها اشعه گاما است. این اشعه مانند اشعه آلفا و بتا ذره ای نیست و بار الکتریکی نیز ندارد به همین سبب در میدانهای الکتریکی و مغناطیسی انحراف پیدا نمی کند. ماهیت آنها مانند اشعه ایکس و نور مرئی از جنس امواج الکترو مغناطیسی است با این تفاوت که انرژی آن خیلی بیشتر از انرژی اشعه ایکس است.

پرتوهای فرابنفش

یک از پرتوهای خطرناک پرتو فرابنفش یا ماورای بنفش است که از تابش خورشید به زمین می رسد. از زیان های تابش فرابنفش آفتاب سوختگی، پیری زودرس پوست و التهاب قرنیه ناشی از نور، سرطان پوست، آب مروارید و تضعیف دستگاه ایمنی بدن مهم ترین اثرات پرتوهای فرابنفش خورشید (UV) است. اگرچه مقادیر کم پرتو فرابنفش برای انسان سودمند است و برای تولید ویتامین D ضروری است و همچنین در درمان بعضی بیماری ها مانند نرمی استخوان مورد استفاده قرار می گیرد، اما قرار گرفتن طولانی مدت در معرض تابش پرتوهای فرابنفش، اثرات زیان باری برای سلامت پوست، چشم و سیستم ایمنی انسان دارد. البته این پرتو ها

در صنعت کاربرد های مفیدی دارند. از پرتو فرابنفش برای ضد عفونی آب، موادخوراکی، تجهیزات پزشکی و لوازم صنعتی و غیره می توان استفاده نمود.

پرتوهای خطرناک

در محیط زندگی ما انواع اشعه ها وجود دارند ولی همگی آنها خطرناک نیستند. انواع خطرناک آنها تشعشعات یونیزه کننده نامیده می شود، یعنی در اثر برخورد با اتم ها باعث جدا شدن یک یا چند الکترون از آنها می شوند.

پرتوهای یونیزه کننده نیز از بدن عبور می کنند، اما در حین عبور می توانند موجب تخریب اتم های مولکول DNA سلول های بدن شده و الکترونی را از آن جدا کنند. امواج رادیویی، مایکروویوها، نور مادون قرمز و نور معمولی هم از بدن عبور می کنند ولی این امواج هر قدر هم که زیاد باشند، نمی توانند باعث جدا شدن الکترون و آسیب سلولی شوند و فقط پرتوی با انرژی بالا مانند پرتو های ماورای بنفش، اشعه X و اشعه گاما می تواند موجب کنده شدن الکترون شوند.

حدود ۸۰ درصد اشعه یونیزه ای که با آن مواجه می شویم، از منابع طبیعی حاصل می شود مانند اشعه های کیهانی که همان ذرات اتمی با منشأ فضایی هستند و ذرات آلفا و بتای حاصل از گازهای رادیواکتیوی مانند رادون مسئول ۷۰ درصد از اشعه خطرناک طبیعی است. این گاز از متلاشی شدن اورانیوم زمین ناشی شده و وارد هوا می شود. همچنین هنگام سفر با هواپیما در ارتفاعات بالا، مقدار کمی از اشعه های کیهانی را دریافت می کنیم. اشعه ناشی از عکس های پزشکی مثل رادیولوژی و سی تی اسکن و نیز اشعه ناشی از نیروگاه های هسته ای نیز خطرناک هستند.

مشکل انرژی هسته ای این است که ضایعات رادیواکتیو دارد و جایی برای نگهداری آن نیست.