

فیزیک

سطح اهمیت A

دکتر مه سیما طایفی

ترکیب ماده

- ویژگی های ماده ← داشتن جرم و اشغال فضا
- واحد پایه تمام مواد ← اتم
- اجزای تشکیل دهنده اتم شامل: یک هسته (شامل پروتون مثبت + نوترون خنثی) و الکترون های منفی اطراف هسته است.
- عامل باند الکترون ها به هسته ← نیروهای الکتروستاتیک.

مدل های توصیف ساختار اتم:

- مدل کلاسیک / مدل بور (Bohr):
- تشبیه ساختار اتم ها به منظومه شمسی؛ الکترون های با بار منفی بر روی مدارهای (اوربیت های) مجزا اطراف یک هسته مرکزی با بار مثبت حرکت می کنند.
- نام گذاری اوربیت ها یا لایه ها (Shells) به ترتیب:

نام لایه	K	L	M	N	O	P
عدد کوانتومی (n)	۱	۲	۳	۴	۵	۶

K-Shell نزدیک ترین لایه الکترونی به هسته با عدد کوانتومی ۱ می باشد.

- ظرفیت گنجایش الکترون هر اوربیت یا لایه: $2n^2$ (n برابر با عدد کوانتومی لایه)
- ۲) مدل معاصر (Contemporary) / مدل مکانیک کوانتوم:
- الکترون ها در فضاهای پیچیده سه بعدی به نام اوربیتال با سطوح انرژی متفاوت (energy sub-levels) حضور دارند.

- مدل مکانیک کوانتومی، الکترون‌ها را درون اوربیتال‌های سه بعدی یا ابرهای الکترونی توصیف می‌کند.
- اوربیتال‌های الکترونی بر اساس :

فاصله از هسته (قوانین عدد کوانتومی $n=1,2,3,\dots$) و شکل اوربیتال (s,p,d, f,g,h,i) توصیف می‌شوند.

- ظرفیت گنجایش الکترون اوربیتال $\leftarrow 2$ عدد
- ترتیب پر شدن اوربیتالها:
- $\dots, 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s, 4p, 4d, 4f$

هر دو مدل اطلاعات کافی برای درک روند تولید اشعه X و تداخلات را فراهم می‌کنند.

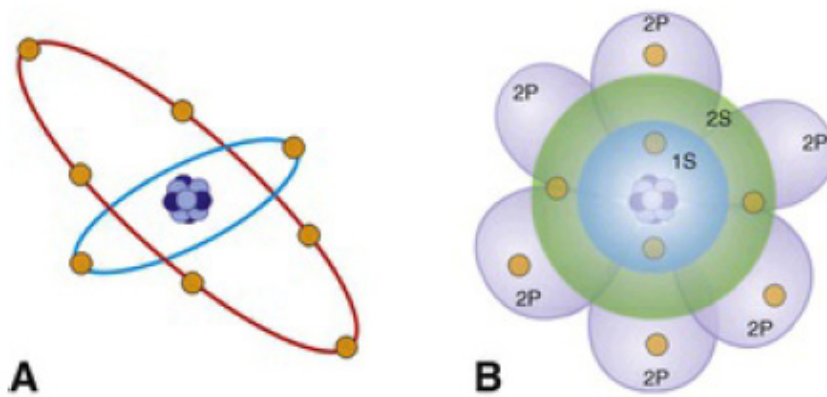
ساختار اتم

هسته تمام عناصر از پروتون‌های مثبت و نوترون‌های خنثی تشکیل شده (استثنا: هسته هیدروژن تنها از یک پروتون تشکیل شده)

عدد اتمی (Z) = تعداد پروتونهای هسته (برابر تعداد الکترونها در وضعیت خنثی) \leftarrow
 تعیین کننده ی نوع ماده است.
 عدد جرمی (A) = مجموع تعداد پروتونها و نوترون های هسته .
 نسبت تعداد نوترون به پروتون تعیین کننده ثبات هسته و بنیان تخریب رادیواکتیو (Radioactivity decay) است.

• اوربیتال‌های الکترون

انرژی باندینگ الکترون \leftarrow انرژی مورد نیاز برای غلبه بر نیروی الکتروستاتیک که یک الکترون را به هسته باند می‌کند.
 انرژی باندینگ الکترون مرتبط با: ۱- عدد اتمی و ۲- نوع اوربیتال می‌باشد.
 مواد با هسته های بزرگ (Z بالا) \leftarrow انرژی باندینگ الکترون بالاتری دارند.
 همچنین در یک اتم مشخص الکترونهای لایه های داخلی تر انرژی باندینگ الکترون بالاتری دارند که این مفهوم در درک یونیزاسیون در اثر اکسپوزر ماده به اشعه X مهم است.



شکل ۱-۱ (A) اتم اکسیژن طبق مدل بور (B) اتم اکسیژن طبق مدل کوانتوم

یونیزاسیون IONIZATION

یک اتم خنثی با از دست دادن الکترون تبدیل به یون مثبت شده و الکترون آزاد شده به یون منفی تبدیل می‌شود. این فرآیند تشکیل جفت یون، یونیزاسیون نامیده می‌شود. انرژی خارجی لازم برای یونیزاسیون یک اتم، انرژی لازم جهت غلبه بر نیروی باندینگ الکترون (نیروی الکتروستاتیک) است. عناصری با عدد اتمی بالا (Z بالا) ← پروتون‌های بیشتری در هسته خود دارند ← الکترون‌ها را در هر اوربیتالی، محکم‌تر از عناصری با Z کوچکتر، باند می‌کنند.

ماهیت رادیاسیون NATURE OF RADIATION

رادیاسیون، انتقال انرژی از میان فضا و ماده است. ممکن است به دو شکل ایجاد گردد: (۱) الکترومگنتیک و (۲) ذره‌ای

Particulate Radiation

Particle	Symbol	Elementary Charge ^a	Rest Mass (amu)
Alpha	α	+2	4.00154
Beta ⁺ (positron)	β^+	+1	0.000549
Beta ⁻ (electron)	β^-	-1	0.000549
Electron	e^-	-1	0.000549
Neutron	n^0	0	1.008665
Proton	p	+1	1.007276

^aElementary charge of 1 equals that the charge of a proton or the opposite of an electron.

amu, Atomic mass units, where $1 \text{ amu} = \frac{1}{12}$ the mass of a neutral carbon-12 atom.

• کاربرد رادیاسیون در پزشکی:

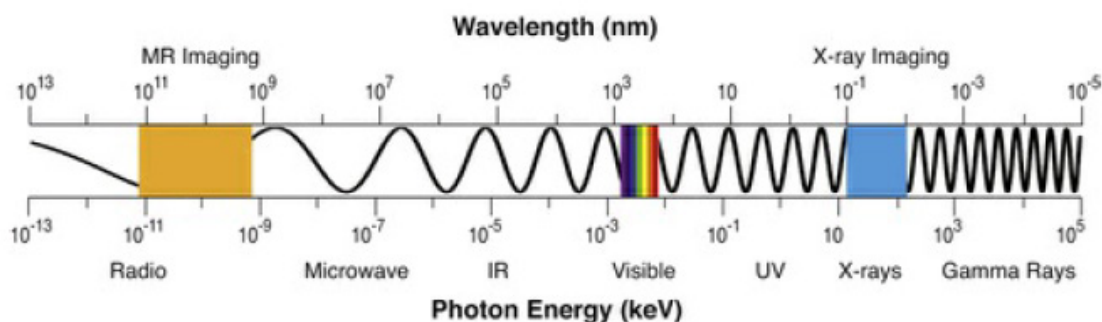
- (۱) تصویربرداری تشخیصی با اشعه X (مثل رادیوگرافی های پروجکشن و CT) ← الکترومگنتیک با ماهیت یونیزان هستند.
- (۲) MRI ← الکترومگنتیک غیر یونیزان است.
- (۳) برخی رادیوداروها (radiopharmaceuticals) (مثل ^{۱۸}F-FDG ساطع کننده پوزیترون که عامل کلیدی در تصویربرداری PET است) ← رادیاسیون ذره ای است.
- (۴) در درمان سرطان ← رادیاسیون های الکترومگنتیک پر انرژی (اشعه گاما، γ) و رادیاسیون های ذره ای پر انرژی (پرتوهای الکترونی و پروتونی) کاربرد دارند.

رادیاسیون الکترومگنتیک ELECTROMAGNETIC RADIATION

۱- حرکت انرژی از میان فضا به صورت ترکیبی از میدانهای الکتریکی و مغناطیسی است و زمانی که سرعت یک ذره باردار الکتریکی تغییر می کند، ایجاد می شود.

- انواع رادیاسیون های الکترومگنتیک به ترتیب افزایش انرژی و فرکانس و کاهش طول موج:

امواج رادیویی (MRI)، میکروویو، مادون قرمز (IR)، نور مرئی، فرابنفش (UV)، اشعه X، اشعه گاما



شکل ۱-۲: طیف الکترومگنتیک. انرژی فوتون های رادیوگرافی دندان از ۱۰ تا ۱۲۰ کیلو الکترون ولت می باشد.

- اشعه های ماوراء بنفش، اشعه های X و اشعه های گاما ← دارای انرژی بالاتر رادیاسیون هستند و قادر به یونیزه کردن ماده می باشند.

<ul style="list-style-type: none"> • از درون هسته اتمهای رادیواکتیو منشأ می‌گیرند • معمولاً انرژی بالاتری از اشعه های X دارند 	اشعه گاما
<ul style="list-style-type: none"> • خارج از هسته تولید می‌شوند • نتیجه تداخل الکترون‌ها با هسته های اتمهای بزرگ در دستگاه های اشعه X می‌باشند 	اشعه X

برخی ویژگی های رادیاسیون الکترومگنتیک با تئوری کوانتومی و برخی دیگر با تئوری موجی به خوبی توصیف می‌شوند.

- **تئوری کوانتومی** ← رادیاسیون الکترومگنتیک را به صورت بسته های مجزا و کوچک انرژی در نظر می‌گیرد که فوتون نامیده می‌شود.

هر فوتون با سرعت نور حرکت کرده و دارای مقدار مشخصی انرژی می‌باشد که با واحد الکترون ولت (eV) اندازه گیری می‌شود.

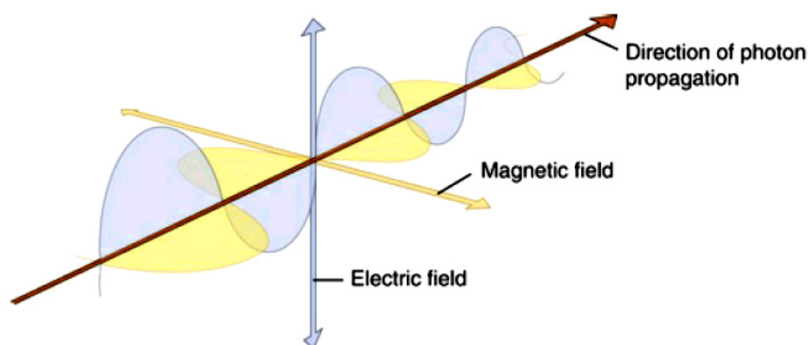
برخی ویژگی های رادیاسیون الکترومگنتیک (شامل **تداخل رادیاسیون با اتم ها، پدیده فوتوالکتریک و تولید اشعه X**) با تئوری کوانتوم توصیف می‌شوند.

- **تئوری موجی** ← بیان می‌کند که رادیاسیون الکترومگنتیک به شکل امواج انتشار می‌یابند، مشابه امواجی که از بهم خوردن آب ایجاد می‌شود.

همه امواج الکترومگنتیک با سرعت نور (3×10^8 m/s) در خلاء حرکت می‌کنند و دارای ویژگی های طول موج (λ) و فرکانس (ν) هستند.

برخی ویژگی های رادیاسیون الکترومگنتیک (شامل **تفرق (refraction)، انعکاس (reflection)، انکسار (diffraction)، تداخل (interference) و پلاریزاسیون**) با تئوری موجی توضیح داده می‌شوند.

این تئوری برای بررسی رادیاسیون در جسم، زمانی که میلیون ها کوانتوم آزمایش می‌شوند، مفیدتر است.



شکل ۱-۳: میدان الکتریکی و مغناطیسی در ارتباط با رادیاسیون الکترومگنتیک

• نحوه معرفی فوتونها:

- فوتون های پرا انرژی مانند اشعه X و اشعه γ ، بر حسب انرژی شان (الکترون ولت)
 - فوتون های با انرژی متوسط (مانند؛ نور مرئی و امواج ماوراء بنفش) بر حسب طول موجشان (نانومتر)
 - فوتون های کم انرژی (مانند؛ امواج رادیویی FM, AM) بر حسب فرکانس شان (MHz, KHz) مشخص می شوند.
- رابطه ی بین طول موج و انرژی فوتون به شکل زیر است:

$$E = h \times \frac{c}{\lambda}$$

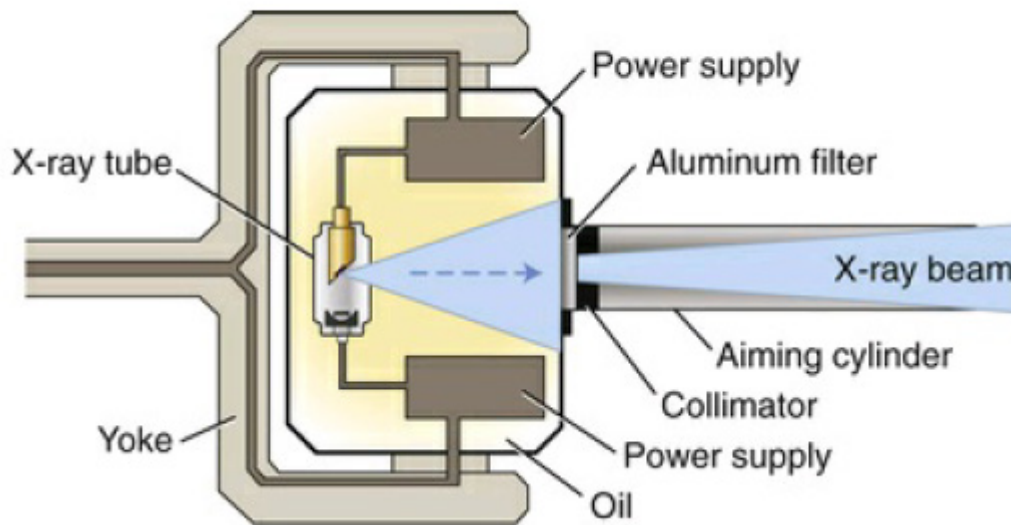
E: انرژی به کیلوالکترون ولت
 h: ثابت پلانک (به ژول-ثانیه یا الکترون ولت ثانیه)
 c: سرعت نور (3×10^8 m/s)
 λ : طول موج به نانومتر

این معادله به صورت زیر خلاصه می شود:

$$E = \frac{1.24}{\lambda}$$

رادیاسیون ذره ای PARTICULATE RADIATION

- اتم های کوچک ← تعداد برابر پروتون و نوترون دارند.
- اتم های بزرگتر ← تمایل به تعداد نوترون بیشتر دارند.
- اتم های بزرگتر به دلیل توزیع نابرابر پروتون ها و نوترون ها ناپایدارند و ممکن است شکسته شده و ذرات آلفا (α) یا بتا (β) یا اشعه ی گاما (γ) آزاد نمایند. این فرآیند **رادیواکتیویته** نامیده می شود.
- با آزاد کردن یک ذره آلفا یا بتا اتم ماده به ماده دیگری تبدیل میشود.
- اشعه گاما در طی زنجیره تخریب در تبدیل یک هسته برانگیخته به سطح پایینتر انرژی ساطع می شود. اغلب این حالت پس از اینکه هسته یک ذره α یا β ساطع میکند یا پس از فیژن (**fission**) یا فیوژن (**fusion**) هسته اتفاق می افتد.



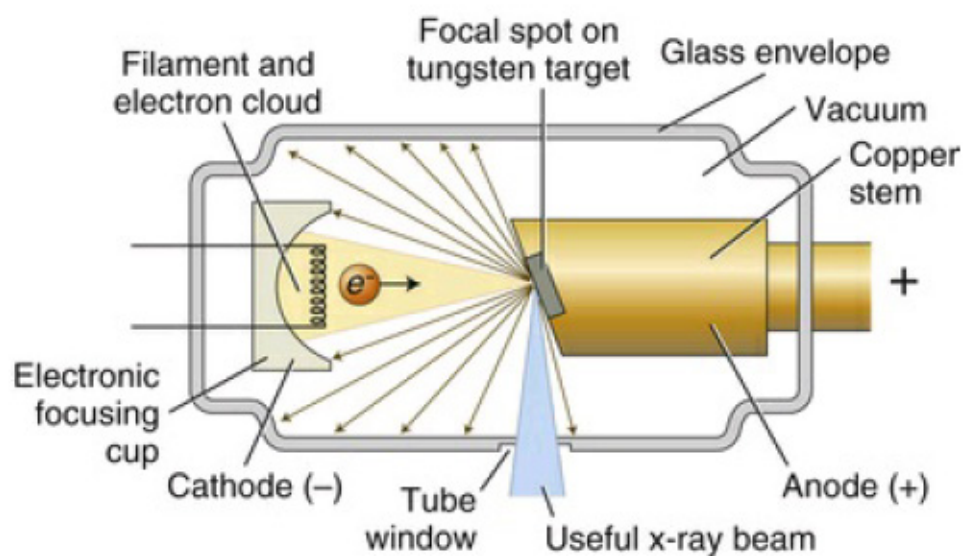
شکل ۱-۴: سر تیوب، تیوب اشعه X، اجزای مولد نیرو و روغنی که حرارت را منتقل میکند، نشان میدهد. مسیر پرتو اشعه X مفید (آبی) از آند، از بین دیواره شیشه ای تیوب، روغن و در نهایت فیلتر آلومینیوم. سایز دسته پرتو توسط غلاف فلزی تیوب و کولیماتور محدود می شود. فوتون های کم انرژی توسط فیلتر آلومینیومی حذف می شوند.

تیوب اشعه X

یک کاتد و یک آند درون یک محفظه یا تیوب شیشه ای خلأ قرار دارند.

الکترون ها از فیلامنت (در کاتد) آزاد شده و با برخورد به تارگت (در آند) قسمتی از انرژی جنبشی آنها به اشعه X

تبدیل می شود.



شکل ۱-۵ تیوب اشعه X

• کاتد CATHODE

شامل یک فیلامنت و یک کاپ متمرکز کننده می باشد.

فیلامنت، منشأ الکترون ها در تیوب اشعه X بوده و سیم پیچی از تنگستن، با قطر ۲ mm و طول ۱ cm یا کمتر می باشد. فیلامنت ها معمولاً دارای حدود ۱٪ توربیوم می باشند که انتشار الکترون ها از سیم گرم شده را بسیار افزایش می دهد. فیلامنت با ولتاژ پایین گرم می شود و الکترون به تناسب دمای فیلامنت آزاد می شود.

فیلامنت در یک کاپ (فنجان) متمرکز کننده قرار دارد که یک صفحه منعکس کننده مقعر، با بار منفی و از جنس مولیبدن است.

شکل سهمی (پارابولیک) کاپ متمرکز کننده، الکترون های ساطع شده از فیلامنت را بطور الکترواستاتیک، به شکل یک پرتو باریک متمرکز نموده و به سوی یک ناحیه مستطیلی بر روی آند به نام فوکال اسپات (نقطه کانونی) هدایت می کند.

الکترون ها به دو دلیل:

- ۱- نیروی دافعه ناشی از کاتد دارای بار منفی و
- ۲- نیروی جاذبه آند دارای بار مثبت به سمت فوکال اسپات حرکت می کنند.

شرایط داخلی تیوب اشعه X کاملاً و کیوم و محیط خلأ است. مزایای این شرایط:

(۱) جلوگیری از برخورد الکترون های سریع با مولکول های گاز که به طور قابل

ملاحظه ای عامل کاهش سرعت آنهاست

(۲) ممانعت از اکسیداسیون یا سوختن فیلامان

• آند ANODE

یک تارگت تنگستنی که در یک پایه مسی جایگذاری شده است.

تنگستن عنصری است که ویژگی های فراوانی به عنوان یک ماده ایده آل برای تارگت دارد، که شامل موارد زیر می باشد:

↑ عدد اتمی بالا (۷۴)

↑ نقطه ذوب بالا (3422°C)

↑ هدایت گرمایی بالا ($173\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

↓ فشار تبخیر پایین در دماهای کارکرد تیوب اشعه X